



Working Paper

Eine "Tranquillity-Map" für das Schweizer Mittelland

Author(s):

Leeb, Christoph; van Strien, Maarten J.; Rodewald, Raimund; Grêt-Regamey, Adrienne

Publication Date:

2020-07-10

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000430857> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

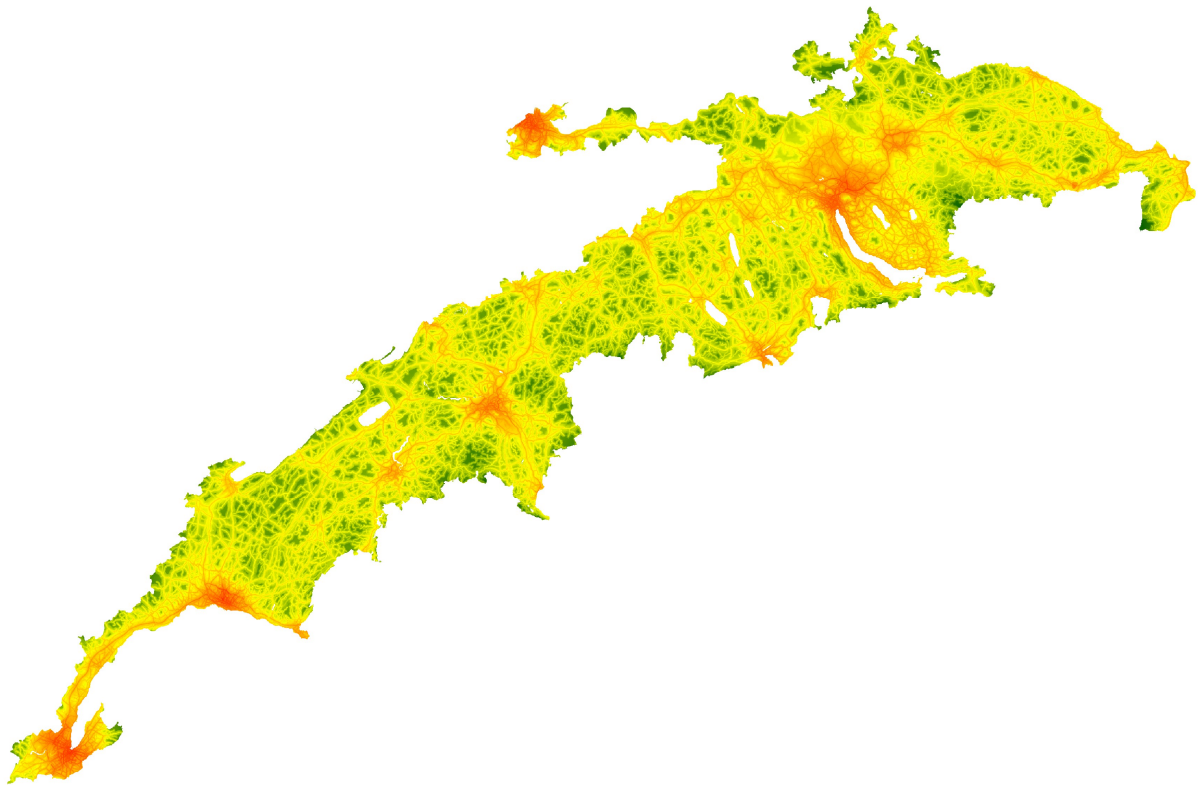
This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Eine "Tranquillity-Map" für das Schweizer Mittelland

Leeb, C.¹, Van Strien, M.J.¹, Rodewald, R.² & Grêt-Regamey, A.¹

¹ Lehrstuhl für Planung von Landschaft und Urbanen Systemen (PLUS), ETH Zürich, Schweiz

² Stiftung Landschaftsschutz Schweiz, Bern, Schweiz



ETH zürich



slfp Stiftung
Landschaftsschutz
Schweiz



GLOBESCAPE

This study received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (Grant agreement no. 757565), as part of the ERC project GLOBESCAPE.

1. Einleitung

Die Corona-Pandemie und die damit verbundenen Grenzschiessungen und Reisewarnungen führen zu Änderungen des Freizeit- und Reiseverhaltens. Die Nachfrage nach Erholung im eigenen Land steigt gemäss Medienberichten. Schweizer und Schweizerinnen zieht es vor allem in den Alpenraum (Willibald et al., 2019), wo die Bevölkerung, auch als Ausgleich zum hektischen Alltag, Gebiete mit einem hohen Ruheempfinden sucht. Um die Hotspots im Voralpen- und Alpenraum zu entlasten, stellt sich die Frage, ob das Schweizer Mittelland, mit mehr als 2/3 der Schweizer Bevölkerung eines der am dichtest besiedelten Gebiete Europas, auch ruhige Gebiete anbietet, die einen hohen Erholungswert besitzen. Schon die Orts- und Flurnamen deuten auf diese Abgelegenheit und gar Wildnis hin: z.B. Les Grands Bois, Hintermoos, Finstersee, Waldhausen, Wildensbuch, Vogelsang, Himmelrich, Wolfsbüel.

Kartierungen von Ruhegebiete, sogenannte „Tranquillity“-Gebiete, wurden bereits für andere Europäische Gebiete, etwa in Schottland (Wartmann et al., 2019; Wartmann and Mackaness, 2020) oder England (Jackson et al., 2008) durchgeführt. Für die Schweiz fehlt eine entsprechende Tranquillity-Map, auch wenn bereits Modellierungen durchgeführt wurden, die einen thematisch ähnlichen Sachverhalt darstellen, etwa die Berechnung des Landschaftsfaktoren-Index (Schwick and Spichtig, 2012), die Modellierung von Naherholungsgebieten (Kienast et al., 2012), die Bewertung der Schweizer Wildnis (Radford et al., 2019) oder die Identifikation von naturnahen Freiräumen (Nischik and Pütz, 2018).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, erstmals für das Schweizerische Mittelland, Gebiete mit einer hohen "Tranquillity" zu identifizieren. Die "Tranquillity-Map" soll aufzeigen, wo im Mittelland in der Nähe der grossen Siedlungen grössere, naturnahe, abgeschiedene ruhige Gebiete, die sich für die ruhige Erholung eignen, bestehen. Die für England erstellte Tranquillity-Map (Jackson et al., 2008), die sich auf Umfragen zum Tranquillity-Empfinden in der Bevölkerung stützt, kann als methodische Grundlage der Tranquillity-Map des Schweizer Mittellandes betrachtet werden. Diese identifizierten raumbezogenen Qualitäten der akustischen und visuellen Ruhe können dann die Basis für einen nachhaltigen planerischen Schutz darstellen.

2. Material & Methoden

2.1. Einflussfaktoren, die Tranquillity beschreiben

Bei "Tranquillity" handelt es sich um eine subjektive Wahrnehmung, die sich nicht mit exakten wissenschaftlichen Methoden messen lässt und für jeden Menschen unterschiedlich ist. Die Frage, welche Faktoren diese Wahrnehmung negativ oder positiv beeinflussen, ist jedoch essentiell für die Identifikation von Orten mit einer hohen Tranquillity. In der vorliegenden Arbeit wurde auf Ergebnisse einer Studie aus England zurückgegriffen (Jackson et al., 2008), in der 1347 Personen gebeten wurden aus einer Liste von 44 Faktoren, die 21 positive und 23 negative Wahrnehmungen beschreiben, jeweils 3 auszuwählen, die für sie einen Ort mit einer hohen Tranquillity ausmachen. Aus der Anzahl der Nennungen ergab sich für jeden Einflussfaktor eine Gewichtung, welche die relative Wichtigkeit des Faktors für die wahrgenommene Tranquillity beschrieb (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über alle positiven und negativen Einflussfaktoren auf die Tranquillity, die bei einer Befragung von 1347 Personen in England zur Auswahl standen, die Anzahl an Nennungen und die sich daraus ableitende Gewichtung jedes Einflussfaktors (aus Jackson et al., 2008).

Einflussfaktor - positiv		Nennungen	Gewichtung	Einflussfaktor - negativ		Nennungen	Gewichtung
Seeing	A natural landscape	533	6,59	Hearing	Constant noise from cars, lorries, motorbikes	886	10,96
Hearing	Birdsong	396	4,90	Seeing	Lots of people	627	7,76
Hearing	Peace and Quiet	271	3,35	Seeing	Urban development	373	4,62
Seeing	Natural looking woodland	256	3,17	Seeing	Overhead light pollution (night time)	270	3,34
Seeing	The stars at night	245	3,03	Hearing	Lots of people	266	3,29
Seeing	Streams	225	2,78	Seeing	Low flying aircraft	228	2,82
Seeing	The Sea	221	2,73	Hearing	Low flying aircraft	225	2,78
Hearing	Natural Sounds	212	2,62	Seeing	Power lines	221	2,73
Hearing	Wildlife	183	2,26	Seeing	Towns and Cities	202	2,50
Hearing	Running water	180	2,23	Seeing	Roads	139	1,72
Seeing	Rivers	176	2,18	Hearing	Non-natural sounds	107	1,32
Seeing	Wide open spaces	174	2,15	Seeing	Any signs of human impact	102	1,26
Seeing	A wild landscape	171	2,12	Seeing	Military training (not aircraft)	101	1,25
Seeing	Trees in the landscape	146	1,81	Seeing	Wind turbines	88	1,09
Seeing	Lakes	118	1,46	Hearing	Occasional noise from cars, lorries, motorbikes	44	0,54
Seeing	Remote landscapes	113	1,40	Hearing	Military training (not aircraft)	32	0,40
Hearing	No human sounds	109	1,35	Seeing	Railways	30	0,37
Hearing	Lapping water	109	1,35	Seeing	High altitude aircraft	25	0,31
Hearing	The sea	84	1,04	Hearing	Trains and Railways	24	0,30
Seeing	Deciduous trees in the landscape	72	0,89	Seeing	Anyone at all	18	0,22
Hearing	Silence	47	0,58	Seeing	Coniferous woodland	17	0,21
		4041	50,00	Hearing	High altitude aircraft	11	0,14
				Seeing	Villages and Scattered Houses	5	0,06
						4041	50,00

Viele, der in Tabelle 1 dargestellten Einflussfaktoren, sind für die Schweiz relevant und lassen sich durch räumliche Daten darstellen. Andere, wie "Seeing, the sea" und "Hearing, the sea", sind aber für ein Binnenland wie die Schweiz nicht aussagekräftig. Ebenso sind Faktoren, wie "Seeing, high altitude aircraft" und "Hearing, high altitude aircraft" nicht relevant, da angenommen werden kann, dass im Mittelland überall hochfliegende Flugzeuge gesehen werden können und ausserdem keine Daten zu Flugkorridoren oder zum Lärm von hoch fliegenden Flugzeugen zur Verfügung stehen. Somit mussten die Faktoren und ihr Einfluss auf die Tranquillity für den Schweizerischen Kontext angepasst werden. Jedem Einflussfaktor wurde eine eindeutige ID zugewiesen, die zeigt ob der Faktor einen positiven (P) oder negativen (N) Einfluss auf die Tranquillity besitzt. Die zusammengefassten Einflussfaktoren mit ihren Datenquellen und die neu berechnete Gewichtung können Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Übersicht über die in dieser Studie verwendeten Einflussfaktoren. "Gewichtung neu" ergibt sich durch den Ausschluss der Einflussfaktoren mit Bezug auf das Meer und hoch fliegenden Flugzeugen. Thematisch ähnliche Einflussfaktoren wurden zusammengefasst. Eine Beschreibung der Erfassung der Faktoren wird in Abschnitt 2.2 und 2.3 dargestellt.

Einflussfaktor - positiv		Gewichtung original	Gewichtung neu	Einflussfaktor zusammengefasst		Gewichtung gesamt	ID	Erfassungsansatz	Datenquelle
Hearing	Birdsong	4,900	5,301	Hearing	Birdsong	16,292	P01	B	SonBASE (BAFU, 2018) (BAZL, 2020a)
Hearing	Peace and Quiet	3,350	3,624						
Hearing	Natural Sounds	2,620	2,834						
Hearing	Wildlife	2,260	2,445						
Hearing	No human sounds	1,350	1,460						
Hearing	Silence	0,580	0,627	Seeing	A natural landscape	7,129	P02	A	(Radford et al., 2019)
Seeing	A natural landscape	6,590	7,129						
Seeing	Natural looking woodland	3,170	3,429						
Seeing	Trees in the landscape	1,810	1,958						
Seeing	Streams	2,780	3,007						
Seeing	Rivers	2,180	2,358	Seeing	Streams	5,366	P04	A	(BAFU, 2013)
Seeing	The stars at night	3,030	3,278	Seeing	The stars at night	3,278	P05	B	(Kienast and Weiss, 2019)
Hearing	Running water	2,230	2,412	Hearing	Running water	2,412	P06	B	(BAFU, 2013)
Seeing	Wide open spaces	2,150	2,326	Seeing	Wide open spaces	2,326	P07	B	(Lienhard and Binna, 2013)
Seeing	A wild landscape	2,120	2,293	Seeing	A wild landscape	2,293	P08	A	(Radford et al., 2019)
Seeing	Lakes	1,460	1,579	Seeing	Lakes	1,579	P09	A	TLM (Swisstopo, 2012)
Seeing	Remote landscapes	1,400	1,514	Seeing	Remote landscapes	1,514	P10	A	(Radford et al., 2019)
Hearing	Lapping water	1,350	1,460	Hearing	Lapping water	1,460	P11	B	TLM (Swisstopo, 2012)
Seeing	Deciduous trees in the landscape	0,890	0,963	Seeing	Deciduous trees in the landscape	0,963	P12	A	(Waser et al., 2020)
Einflussfaktor - negativ									
Hearing	Constant noise from cars, lorries, motorbikes	10,960	11,062	Hearing	Noise from cars/lorries/motorbikes	11,607	N01	B	SonBASE (BAFU, 2018)
Hearing	Occasional noise from cars, lorries, motorbikes	0,540	0,545						
Seeing	Lots of people	7,760	7,832	Hearing/Seeing	Lots of people	11,375	N02	B	(Radford et al., 2019) STATPOP (BFS, 2018)
Hearing	Lots of people	3,290	3,321						
Seeing	Anyone at all	0,220	0,222						
Seeing	Low flying aircraft	2,820	2,846	Hearing/Seeing	Low flying aircraft	5,652	N03	B	(BAZL, 2020a)
Hearing	Low flying aircraft	2,780	2,806						
Seeing	Urban development	4,620	4,663	Seeing	Urban development	4,663	N04	A	Arealstatistik (BFS, 2013)
Seeing	Overhead light pollution (night time)	3,340	3,371	Seeing	Overhead light pollution (night time)	3,371	N05	B	(Kienast and Weiss, 2019)
Seeing	Power lines	2,730	2,755	Seeing	Power lines	2,755	N06	A	Luftfahrthindernisse (BAZL, 2020b)
Seeing	Towns and Cities	2,500	2,523	Seeing	Towns and Cities	2,523	N07	A	Arealstatistik (BFS, 2013) STATPOP (BFS, 2018)
Seeing	Roads	1,720	1,736	Seeing	Roads	1,736	N08	A	TLM (Swisstopo, 2012)
Seeing	Military training (not aircraft)	1,250	1,262	Hearing/Seeing	Military training (not aircraft)	1,665	N09	A	(VBS, 2020)
Hearing	Military training (not aircraft)	0,400	0,404						
Hearing	Non-natural sounds	1,320	1,332	Hearing	Non-natural sounds	1,332	N10	B	SonBASE (BAFU, 2018) (BAZL, 2020a)
Seeing	Any signs of human impact	1,260	1,272	Seeing	Any signs of human impact	1,272	N11	A	(Radford et al., 2019)
Seeing	Wind turbines	1,090	1,100	Seeing	Wind turbines	1,100	N12	A	(BFE, 2016)
Seeing	Railways	0,370	0,373	Seeing	Railways	0,373	N13	A	TLM (Swisstopo, 2012)
Hearing	Trains and Railways	0,300	0,303	Hearing	Trains and Railways	0,303	N14	B	SonBASE (BAFU, 2018)
Seeing	Coniferous woodland	0,210	0,212	Seeing	Coniferous woodland	0,212	N15	A	(Waser et al., 2020)
Seeing	Villages and Scattered Houses	0,060	0,061	Seeing	Villages and Scattered Houses	0,061	N16	A	Arealstatistik (BFS, 2013)

2.2. Berechnung der Tranquillity

Die Tranquillity eines Ortes wurde aus der gewichteten Summe aller positiven und negativen Einflussfaktoren des Ortes berechnet. Hierfür ist es notwendig jeden Einflussfaktor durch räumliche Daten darzustellen. Deshalb wurde für jeden Einflussfaktor ein Raster berechnet, bei dem jeder Rasterzelle ein Wert zugewiesen wurde, welcher die Intensität der zu beschreibenden Wahrnehmung des Einflussfaktors beschreibt, wobei die Werte zwischen 0 (keine Wahrnehmung) bis zur in Tabelle 2 dargestellten Gewichtung (maximale Wahrnehmung) normiert wurden. Generell lässt sich zwischen zwei Erfassungsansätzen unterscheiden:

Typ A

Bei Typ A handelt es sich um Datensätze, bei denen eine Rasterzelle eine Auswirkung auf die Wahrnehmung in den umliegenden Rasterzellen hat. Zum Beispiel kann ein Wald auch aus einer Distanz von 300 m gesehen werden, und beeinflusst die subjektive Wahrnehmung der Landschaft daher auch dann, wenn man sich nicht direkt im Wald befindet. Daher muss für jede Rasterzelle die Stärke der Wahrnehmung eines Einflussfaktors unter Einbeziehung aller umliegenden Zellen berechnet werden. Die Vorgehensweise der Berechnung ist im Folgenden dargestellt.

1. Vorbereiten der räumlichen Daten

Jeder Datensatz, der einen Einflussfaktor beschreibt, wurde vor der weiteren Verarbeitung individuell vorbereitet. Details zur Vorgehensweise sind in Punkt 2.3 dargestellt.

2. Konvertieren in 100 x 100 m Raster

Vektordaten wurden in einen Raster (CH1903+_LV95) mit einer Auflösung von 100 x 100 m konvertiert, wobei Zellen in denen sich ein Objekt (z.B. Wald) befindet der Wert 1 und allen anderen Zellen der Wert 0 zugewiesen wurde. Handelt es sich bei dem Datensatz bereits um einen Raster, so wurde die Auflösung, falls notwendig, mittels der ArcGIS-Funktion Aggregate (Maximum value) umgerechnet.

3. Zuschnitt der Daten auf die Schweiz

Einige Datensätze (z.B. die Bodenbedeckung im TLM-Datensatz) beinhalten Daten, die Gebiete ausserhalb der Schweiz beschreiben. Da dies jedoch nicht bei allen benötigten Datensätzen der Fall ist, wurden konsequent alle Daten, die Objekte oder Gebiete ausserhalb der Schweiz beschreiben, entfernt.

4. Berechnung des Zellwerts

Für die Berechnung der Stärke der Wahrnehmung eines Einflussfaktors in einer Rasterzelle wurden die Werte der Nachbarzellen im Input-Raster berücksichtigt, wobei generell eine lineare Abnahme des Einflusses mit der Entfernung angenommen wurde. Die Befragung durch Jackson et al. (2008) ergab jedoch, dass unterschiedliche Objekte in der Entfernung unterschiedlich stark negativ oder positiv wahrgenommen werden, weshalb eine zusätzliche Gewichtung entsprechend der Distanz zum Objekt erfolgte. Daraus ergibt sich für die Berechnung der Stärke der Wahrnehmung eines Einflussfaktors

$$t_{x,y} = \sum_{i=-d_{max}}^{i=d_{max}} \sum_{j=-d_{max}}^{j=d_{max}} z_{x-i,y-j} * \left(1 - \frac{d}{d_{max}}\right) * \frac{dw}{10}$$

wobei x und y die Position der Zelle t im zu berechnenden Raster beschreiben, z der Wert einer Zelle im ursprünglichen Raster und d die Anzahl der Rasterzellen zwischen der Zelle t und z ,

also die euklidische Distanz zwischen den Zellen dividiert durch 100, ist. d_{max} ist die maximale Entfernung, in der ein Objekt einen Einfluss auf t haben kann und wurde aus Jackson et al. (2008) übernommen (Tabelle 3). Für die Berechnung wurde die Distanz d_{max} in Rasterzellen umgerechnet, also durch 100 dividiert. dw beschreibt die unterschiedliche Wahrnehmung von Objekten in unterschiedlichen Distanzen, ist daher von der Distanz zwischen t und z abhängig und wurde ebenfalls soweit möglich aus Jackson et al. (2008) übernommen (Tabelle 3). Dieser Ansatz, der einem gewichteten "Moving-Window" entspricht, wurde mit Hilfe der ArcGIS-Funktion "Focal Statistics" realisiert. Das zugrunde liegende Focal-File spiegelt einen linearen Verlauf wieder. Um die Distanzgewichtung (dw) zu berücksichtigen, wurden alle Werte im Focal-File mit den in Tabelle 3 dargestellten Faktoren entsprechend ihren Entfernungen zum Focal-Punkt multipliziert.

Tabelle 3: Maximale Distanz d_{max} und Distanzgewichtung dw für jeden Einflussfaktor des Erfassungsansatzes A. Wenn nicht anders angegeben wurden die Wert aus Jackson et al. (2008) übernommen.

ID	Einflussfaktor	Max. Distanz d_{max} [km]	Distanzgewichtung dw					
			< 500 m	500 m - 1000 m	1000 m - 2000 m	2000 m - 5000 m	> 5000 m	
P02	Seeing	A natural landscape ¹	6	10	9	9	9	9
P03	Seeing	Forest	6	10	9	9	9	9
P04	Seeing	Streams ⁴	6	10	10	8	8	8
P08	Seeing	A wild landscape ¹	6	10	9	9	9	9
P09	Seeing	Lakes ⁴	35	10	10	8	8	8
P10	Seeing	Remote landscapes ¹	6	10	9	9	9	9
P12	Seeing	Deciduous trees in the landscape	6	10	9	9	9	9
N04	Seeing	Urban development	6	10	9	8	7	7
N06	Seeing	Power lines ³	15	9	6	3	2	1
N07	Seeing	Towns and Cities	6	10	9	8	7	7
N08	Seeing	Roads	6	10	6	4	4	2
N09	Hearing/Seeing	Military training (not aircraft)	6	10	9	8	7	7
N11	Seeing	Any signs of human impact ²	6	10	9	8	7	7
N12	Seeing	Wind turbines ³	20	7	5	3	2	1
N13	Seeing	Railways	6	10	6	4	4	2
N15	Seeing	Coniferous woodland	6	10	9	9	9	9
N16	Seeing	Villages and Scattered Houses ³	6	7	7	4	4	0

¹ Die max. Distanz und Distanzgewichtung wurde von P03 übernommen.

² Die max. Distanz und Distanzgewichtung wurde von N07 übernommen

³ Da nach der Distanzgewichtung eine Skalierung auf den Wertebereich 0 bis 1 erfolgte, hat die Distanzgewichtung < 500 m keine Wirkung. Deshalb wurde der gesamte Raster mit 0,7 bzw. 0,9 multipliziert.

⁴ In Jackson et al. (2008) hat eine Entfernung > 5 km eine Distanzgewichtung von 9 und ist somit höher als im Bereich 2 km - 5 km. Es wurde angenommen, dass es sich dabei um einen Fehler handelt und die Gewichtung mit 8 festgelegt.

5. Korrektur des Zellwertes in Gebieten ohne Daten

Da t unter der Berücksichtigung aller Zellwerte in einer Entfernung von bis zu d_{max} berechnet wird, ergibt sich eine verzerrte Darstellung in Grenzgebieten, da für Gebiete ausserhalb der Schweiz keine Daten vorhanden sind (siehe auch Abbildung 1). Aus diesem Grund wurde für jede Rasterzelle des Mittellands der maximal mögliche Wert für t berechnet (t_{max}) und t entsprechend t_{max} korrigiert:

$$t_{cor_{x,y}} = \frac{t_{x,y}}{t_{max_{x,y}}}$$

Die Grenzregionen zwischen Mittelland und anderen Gebieten der Schweiz sind hiervon nicht betroffen, da diese Gebiete bei der Berechnung des Mittellandes berücksichtigt wurden. Jedoch wurde diese Korrektur auch verwendet, wenn sich Datenlücken im Input-Raster befanden.

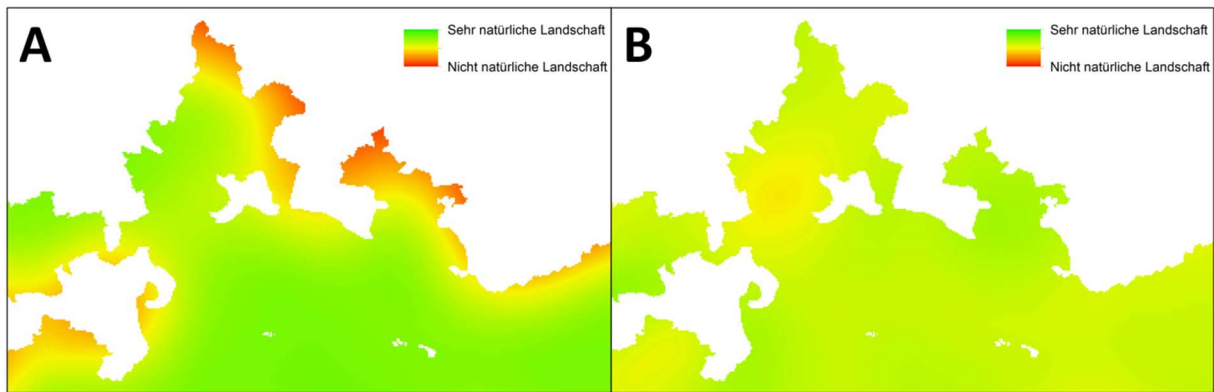


Abbildung 1: Darstellung des Rasters "Seeing, A natural landscape" vor (A) und nach (B) der Korrektur von Randgebieten. Der Ausschnitt zeigt die Gegend um Schaffhausen und damit das Schweiz-Deutsche-Grenzgebiet. Der als Grundlage verwendete Raster (siehe 2.3. - P02) beinhaltet für jede Rasterzelle einen Wert von 1 (nicht natürliche Landschaft) bis 5 (sehr natürliche Landschaft). Das Einbeziehen von "noData"-Gebieten in der ArcGIS-Funktion "Focal Statistics" ist möglich, bei der Berechnung der Summe werden diese Gebiete jedoch als 0 angesehen. Das deutsche Staatsgebiet würde also zu einer massiven Abwertung in Bezug auf die Natürlichkeit der Landschaft führen, was an den rötlich gefärbten Rasterzellen in Abbildung 1A erkennbar ist. Nach der Korrektur ist diese Verzerrung nicht vorhanden (B).

6. Entfernen von Extremwerten

Die Verteilung der Werte des berechneten Rasters ist häufig durch Extremwerte geprägt, die eine sinnvolle Skalierung unmöglich machen. Aus diesem Grund wurden die obersten 0,1% der Werte auf den nächst kleineren und die untersten 0,1% auf den nächst höheren Wert gesetzt. Für die Ermittlung der oberen 0,1% wurde nicht der gesamte Raster berücksichtigt, sondern nur jene Zelle mit einem Wert > 0 .

7. Skalierung und Gewichtung des Rasters

Der Raster wurde auf den Wertebereich 0 bis 1 skaliert und mit der Gewichtung des Einflussfaktors (Tabelle 2) multipliziert.

Typ B

Bei Typ B handelt es sich um Datensätze, bei denen die Wahrnehmung bereits für jeden Ort berechnet wurde und nicht durch die Umgebung beeinflusst ist. Als Beispiel sei hier der Strassenlärm genannt, welcher vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) als 10x10 m Raster modelliert wurde (BAFU, 2018). In einer beliebigen Rasterzelle nimmt man lediglich den Lärm wahr, der direkt für diese Zelle berechnet wurde, ein höherer oder niedriger Wert in der Nachbarzelle beeinflusst die Wahrnehmung jedoch nicht. Die Vorgehensweise der Berechnung entspricht der von Typ A, jedoch ohne den Punkten 3 und 4.

Alle Berechnungen wurden in ArcGIS 10.4.1 (ESRI, Redlands, Kalifornien, USA) und mit Hilfe von Python-Skripts (Python 2.7.10) durchgeführt. Die Focal-Files wurden zum Teil in R 3.62 (R Development Core Team, 2020) erstellt.

2.3. Details für einzelne Einflussfaktoren

P01 - "Hearing, Birdsong"

Unter dem Einflussfaktor "Hearing, Birdsong" wurden mehrere Einflussfaktoren zusammengefasst, die alle eine ruhige Umgebung bzw. das Fehlen von nicht-natürlichen Geräuschen beschreiben (Tabelle 2), was auch dem in Jackson et al. (2008) beschriebenen Vorgehen entspricht. Als störende Geräuschquellen wurden Strassenlärm (siehe N01), Eisenbahnlärm (N14) sowie Lärm von niedrig fliegenden Flugzeugen (N03) berücksichtigt. Der Lärmpegel der drei Quellen wurde nicht addiert,

sondern es wurde der Maximalwert der Lärmquellen in jeder Rasterzelle verwendet. Dies Vorgehen wurde gewählt, da es zum einem unwahrscheinlich ist, dass bei allen 3 Lärmquellen gleichzeitig ein Maximalwert auftritt, und zum anderen, weil Lärm stets als Dezibel angegeben wird, und die Addition von logarithmischen Werten nur eine geringe Änderung bedeuten würde. Da der Lärm eine negative Wahrnehmung beschreibt, "Hearing, Birdsong" jedoch eine positive, wurde der Raster invertiert, wodurch die Zelle mit dem höchsten Lärmpegel den Wert 0 ("keine positive Wahrnehmung") und eine Zelle ohne Lärmbelastung den vorherigen Maximalwert erhält. Anders als in Jackson et al. (2008) wurden keine "low noise areas" mit < 25 dB definiert, da durch die geringe Maschenweite des Strassen- bzw. Schienensystems im Schweizer Mittelland nur relativ kleine Gebiete "low noise areas" wären und diese durch die starke Gewichtung des Einflussfaktors die Berechnung der Tranquillity zu stark prägen würden.

P02 - "Seeing, A natural landscape"

Für die Beschreibung des Einflussfaktors "Seeing, A natural landscape" wurde der Layer "Arealstat_0407_final_mask_revrc1" aus Radford et al. (2019) verwendet, der die Natürlichkeit der Landschaft beschreibt.

P03 - "Seeing, Forest"

Unter dem Einflussfaktor "Seeing, Forest" wurden die beiden Faktoren "Seeing, Natural looking woodland" und "Seeing, Trees in the landscape" zusammengefasst. Für den Einflussfaktor wurden alle Waldgebiete im Datensatz "Bodenbedeckung" des TLM-Datensatzes herangezogen (Bodenbedeckung = "Wald" oder "Wald offen"). Die Natürlichkeit des Waldes und Einzelbäume wurden nicht berücksichtigt.

P04 - "Seeing, Streams"

Da die Einflussfaktoren "Seeing, Streams" und "Seeing, Rivers" den gleichen Sachverhalt beschreiben, wurden sie zusammengefasst. Anstatt alle Fließgewässer in einen Raster umzuwandeln, bei dem der Wert einer Rasterzelle lediglich das Vorhandensein eines Fließgewässers beschreibt, wurde jedes Fließgewässer entsprechend der Flussordnungszahl nach Strahler gewichtet (BAFU, 2013) und für jede Rasterzelle die gewichtete Länge an Fließgewässern berechnet. Durch diese Gewichtung haben kleine Waldbäche einen geringeren Effekt auf die Wahrnehmung als grosse Flüsse wie der Rhein. Unterirdisch verlaufende Fließgewässer sowie Seeachsen wurden nicht berücksichtigt.

P05 - "Seeing, The stars at night"

Für den Einflussfaktor "Seeing, The stars at night" wurde angenommen, dass Sterne dort sichtbar sind, wo die Lichtverschmutzung minimal ist. Deswegen wurde der Datensatz "mean2010-2012" aus Kienast und Weiss (2019), der die mittlere Nachthelligkeit für die Zeitperiode von 2010 bis 2012 für jede Rasterzelle mit einer Grösse von 30 x 30 Bogensekunden beschreibt, invertiert.

P06 - "Hearing, Running water"

Die Berechnung von "Hearing, Running water" erfolgte analog zu "Seeing, Streams" (P04). Es wurde jedoch davon ausgegangen, dass man fließendes Wasser nur in der Rasterzelle hören kann, in der man sich befindet, weshalb die weitere Berechnung als "Typ B"-Erfassungsansatz erfolgte.

P07 - "Seeing, Wide open landscape"

Für den Einflussfaktor "Seeing, Wide open landscape" wurde der Datensatz "VisibilityMap@ Switzerland" (Lienhard and Binna, 2013) verwendet, der für jede Rasterzelle beschreibt, wie viele umliegende Rasterzellen (max. Entfernung 5 km) unter Einbeziehung der Geländetopologie gesehen werden können.

P08 - "Seeing, A wild landscape"

Für den Einflussfaktor "Seeing, A wild landscape" wurde der Layer "wilderness_layers_combined" aus Radford et al. (2019) verwendet, in dem ein Wildnis-Index für jede 100 x 100 m Rasterzelle der Schweiz berechnet wurde.

P09 - "Seeing, Lakes"

Für den Einflussfaktor "Seeing, Lakes" wurden alle Gewässer im TLM-Datensatz "Stehende Gewässer" berücksichtigt.

P10 - "Seeing, Remote landscapes"

Für den Einflussfaktor "Seeing, Remote landscapes" wurde der Datensatz "grid pathdist" aus Radford et al. (2019) verwendet, der die Zeit beschreibt, die benötigt wird, um eine Rasterzelle zu Fuss, über eine Strasse oder mit einem öffentlichen Verkehrsmittel zu erreichen. Alle Zellen mit einem Remoteness-Wert > 90 auf wurden auf 90 gesetzt, da hier in der Regel Faktoren einen Einfluss haben, die für die vorliegende Studie nicht relevant sind. So haben z.B. Flughafengelände oder Seeinseln einen sehr hohen Remoteness-Wert.

P11 - "Hearing, Lapping water"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Hearing, Lapping water" wurde angenommen, dass Wasser nur am Ufer grösserer Seen (Mindestgrösse 10 ha) gehört werden kann. Basierend auf dem TLM-Datensatz "Stehende Gewässer" wurde die Länge der Uferlinie pro Rasterzelle berechnet. Prinzipiell kann Wasser auch im See gehört werden. Da für grössere Seen jedoch kein Tranquillity-Index berechnet wurde, ist die Einbeziehung von Wasserflächen für die Berechnung von "Hearing, Lapping water" nicht notwendig. Der Ausschluss von Seen kann dazu führen, dass Ufergebiete, die bei der Umwandlung vom TLM-Datensatz in einen Raster als See klassifiziert wurden, ebenfalls nicht berücksichtigt werden, wodurch sich kein positiver Effekt des Ufers ergibt. Deshalb wurde der Bereich, in dem man Wasser hören kann um eine Rasterzelle vergrössert (ArcGIS-Funktion "Focal Statistics" mit einem Suchbereich von 3x3 Zellen und "maximum" als Statistics type).

P12 - "Seeing, Deciduous trees in the landscape"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Deciduous trees in the landscape" wurde ein Datensatz, der den Waldmischungsgrad, also das Verhältnis zwischen Laub- und Nadelwäldern beschreibt, verwendet (Waser et al., 2020).

N01 - "Hearing, Noise from cars/lorries/motorbikes"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Hearing, Noise from cars/lorries/motorbikes" wurde der Datensatz "Lärmbelastung durch Strassenverkehr (Lr_Tag)" (BAFU, 2018) verwendet, der die Lärmbelastung durch den Strassenverkehr am Tag für alle, für das Strassennetz relevante, Strassen darstellt.

N02 - "Hearing/Seeing, Lots of people"

Die Berechnung des Einflussfaktors "Hearing/Seeing, Lots of people" basiert auf der Überlegung, dass Personen um ihren Wohnort gesehen bzw. gehört werden können, und dass die Wahrscheinlichkeit jemanden anzutreffen in jenen Gebieten höher ist, die gut erreichbar sind. Um Gebiete zu ermitteln in denen Personen leben, wurde der Datensatz "Statistik der Bevölkerung und der Haushalte" - (BFS, 2018) herangezogen, in dem für jede 100 x 100 m Rasterzelle die Anzahl an Einwohnern für das Jahr 2018 dargestellt ist. Da sich Personen jedoch nicht nur in jenen Rasterzellen aufhalten in denen sie gemeldet sind, sondern auch in umliegenden Gebieten angetroffen werden können (z.B. beim Spazieren gehen), wurde basierend auf den Daten der Bevölkerungsstatistik eine Kerndichteschätzung

mit einem Suchradius von 3 km durchgeführt. Die Wahl des Suchradius erfolgte unter der Annahme, dass sich Personen im Alltag in einem Umkreis von bis zu 3 km um ihren Wohnort aufhalten. Wie auch für die Bearbeitung eines "Typ A"-Datensatzes beschrieben, wurde eine Korrektur für Grenzgebiete bzw. noData-Gebiete durchgeführt, Extremwerte entfernt und der Datensatz auf einen Wertebereich von 0 bis 1 skaliert. Anschliessend wurde der Mittelwert zwischen dem neu berechnete Raster und dem invertierten, ungewichteten, und daher ebenfalls auf 0 bis 1 skalierten, Datensatz "Seeing, Remote landscapes" (P10) berechnet. Der resultierende Datensatz beschreibt also Gebiete, in denen sich viele Personen aufhalten und die gut erreichbar sind und in denen eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht auf Personen zu treffen. Der Datensatz wurde anschliessend wie ein "Typ B"-Datensatz bearbeitet.

N03 - "Hearing/Seeing, Low flying aircraft"

Die Einflussfaktoren "Hearing, Low flying aircraft" und "Seeing, Low flying aircraft" wurden in den Einflussfaktor "Hearing/Seeing, Low flying aircraft" unter der Annahme zusammengefasst, dass dort, wo man tief fliegende Flugzeuge hören, sie auch sehen kann. Für die Berechnung des Einflussfaktors wurde der "Lärmkataster für zivile Flugplätze" des Bundesamts für Zivilluftfahrt (BAZL, 2020a) verwendet. Dieser umfasst Daten zur

- Lärmbelastung von Klein-/Grossflugzeuge
- Lärmbelastung in der 1. Nachtstunde
- Lärmbelastung in der 2. Nachtstunde
- Lärmbelastung in der letzte Nachtstunde
- Lärmbelastung von Kleinluftfahrzeugen
- Lärmbelastung von Militärflugplätzen
- Lärmbelastung von Helikoptern
- Lärmbelastung von Helikoptern (Maximalpegel)

Basierend auf allen Lärmbelastungen wurde die maximale Lärmbelastung für jede Rasterzelle berechnet. Der "Lärmkataster für zivile Flugplätze" umfasst lediglich Geräuschpegel ab 43 dB.

N04 - "Seeing, Urban developement"

Die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Urban developement" erfolgt analog zur Berechnung "Seeing, Villages and Scattered Houses" (N16). Da hier jedoch auch einzelne Objekte, wie etwa einzeln stehenden Bauernhäusern, einfließen können, diese jedoch keinen urbanen Charakter besitzen, wurden nur Agglomerationen von mindestens 3 miteinander verbundenen Rasterzellen berücksichtigt.

N05 - "Seeing, Overhead light pollution (night time)"

Für den Einflussfaktor "Seeing, Overhead light pollution (night time)" wurde der Datensatz "mean2010-2012" aus Kienast und Weiss (2019) herangezogen, der die mittlere Nachthelligkeit für die Zeitperiode von 2010 bis 2012 für jede Rasterzelle mit einer Grösse von 30 x 30 Bogensekunden beschreibt.

N06 - "Seeing, Powerlines"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Powerlines" wurden die Hochspannungsleitungen (alle Linienelemente) aus dem Datensatz "Luftfahrthindernisse" des Bundesamts für Zivilluftfahrt (BAZL, 2020b) verwendet.

N07 - "Seeing, Towns and Cities"

Die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Towns and Cities" erfolgt analog zur Berechnung von "Seeing, Villages and Scattered Houses" (N16). Zur Differenzierung zwischen "Towns and Cities" und "Villages and Scattered Houses" wurde die Einwohnerzahl pro Rasterzelle (BFS, 2018) herangezogen. Miteinander verbundene Zellen mit einer Gesamtbevölkerung über 10.000 Einwohnern wurden, unabhängig von der Bevölkerungsdichte, als "Towns and Cities" definiert und für die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Towns and Cities" berücksichtigt. Der Grenzwert von 10.000 Einwohnern wurde aus Jackson et al. (2008) übernommen.

N08 - "Seeing, Roads"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Roads" wurde alle Strassen im TLM-Datensatz "Strassen" mit einer Breite von mindestens 3 m berücksichtigt (siehe Tabelle 4). Anstatt alle Strassen in einen Raster umzuwandeln, bei dem der Wert einer Rasterzelle lediglich das Vorhandensein einer Strasse beschreibt, wurde jede Strasse entsprechend der Strassenbreite gewichtet und für jede Rasterzelle die Gesamtlänge an Strassen berechnet. Durch die Gewichtung haben kleine Strassen einen geringeren Effekt als zum Beispiel Autobahnen. Die gewählte Strassenbreite wurde aus der TLM-Beschreibung abgeleitet. Strassen, die in einem Tunnel verlaufen ("KUNSTBAUTE = 1000" in der Attributtabelle des TLM-Datensatzes "Strassen"), wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 4: Übersicht über die für die Berechnung von "Seeing, Roads" verwendeten Strassenkategorien und die gewählte Strassenbreite.

<u>TLM Nummer</u>	<u>Kategorie</u>	<u>Strassenbreite [m]</u>
0	Ausfahrt	10
1	Einfahrt	10
2	Autobahn	12
3	Raststätte	5
5	Zufahrt	10
6	Dienstzufahrt	5
8	10m_Strasse	12
9	6m_Strasse	8
10	4m_Strasse	5
11	3m_Strasse	3,5
21	Autostrasse	12

N09 - "Seeing, Military training (not aircraft)"

Die Einflussfaktoren "Seeing, Military training (not aircraft)" und "Hearing, Military training (not aircraft)" wurden zum Einflussfaktor "Hearing/Seeing, Military training (not aircraft)" zusammengefasst und basiert auf dem Datensatz "Publizierte Schiessanzeigen und Gefahrenzonen" des Eidgenössische Departments für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS, 2020).

N10 - "Hearing, Non-natural sounds"

Für den Einflussfaktor "Hearing, Non-natural sounds" werden alle nicht-natürlichen Geräuschquellen zusammengefasst (siehe P01, "Hearing, birdsong").

N11 - "Seeing, Any signs of human impact"

Für den Einflussfaktor "Seeing, Any signs of human impact" wurde der Layer "Human_impact" aus Radford et al. (2019) verwendet, der den menschlichen Einfluss auf ein Gebiet beschreibt.

N12 - "Seeing, Wind turbines"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Wind turbines" wurde alle Windkraftwerke aus dem Datensatz "Windenergieanlagen" des Bundesamts für Energie (BFE, 2016) berücksichtigt.

N13 - "Seeing, Railways"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Railways" wurde der Layer "Eisenbahn" aus dem TLM-Datensatz verwendet. Es erfolgte keine Berechnung der Schienenlänge pro Rasterzelle, wie dies bei "Seeing, Roads" (N08) umgesetzt wurde, da eine solche Berechnung durch Extremwerte geprägt wäre. Diese Extremwerte sind auf Bahnhöfe zurückzuführen, in denen viele Schienenstränge nebeneinander liegen. Ausserdem wurde davon ausgegangen, dass mehrere bzw. in der Regel zwei parallel laufende Schienen keine wesentlich stärkere negative Wahrnehmung auslösen als ein einzelner Schienenstrang. Deshalb wurde für jede Rasterzelle lediglich das Vorhandensein von Schienen, unabhängig von der Länge, bestimmt. Schienen, die in einem Tunnel verlaufen, wurden nicht berücksichtigt.

N14 - "Hearing, Trains and Railways"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Hearing, Trains and Railways" wurde der Datensatz "Lärmbelastung durch Eisenbahnverkehr (Lr_Tag)" (BAFU, 2018) verwendet, der die Lärmbelastung durch den Schienenverkehr am Tag beschreibt.

N15 - "Seeing, Deciduous trees in the landscape"

Für die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Deciduous trees in the landscape" wurde ein Datensatz genommen, der den Waldmischungsgrad, also das Verhältnis zwischen Laub- und Nadelwäldern beschreibt (Waser et al., 2020).

N16 - "Seeing, Villages and Scattered Houses"

Die Berechnung des Einflussfaktors "Seeing, Villages and Scattered Houses" basiert auf der Schweizer Arealstatistik (NOAS04 in 17 Klassen; BFS (2013)), wobei jede Zelle der Klasse "Industrie- und Gewerbeareal" und "Gebäudeareal" berücksichtigt wurde.

2.4. Auswahl von Gebieten mit einer hohen Tranquillity

Das Ziel der vorliegenden Studie war nicht nur einen Tranquillity-Index für jede 100 x 100 m-Rasterzelle im Schweizer Mittelland zu berechnen, sondern auch zusammenhängende Gebiete zu identifizieren, die sich durch eine generell hohe Tranquillity auszeichnen und sich daher als potentielle Naherholungsziele für ruhesuchende Personen eignen. Hierfür wurden folgende Kriterien definiert:

- Gebiete müssen aus miteinander verbundenen Rasterzellen bestehen, deren Tranquillity-Indexe oberhalb des vierten Quintils (höchsten 20% der Werte) des Schweizer Mittellandes liegen.
- Die Fläche der verbundenen Rasterzellen muss über 5 km² betragen.
- Gebiete sollen nur einen geringen Grad an Zerschneidung aufweisen. Daher sind Gebiete, die aus mehreren Teilgebieten unter 5 km² bestehen, und nur durch Korridore < 200 m verbunden sind, nicht zulässig.

Um Gebiete mit den dargestellten Kriterien zu identifizieren, wurde eine Reklassifizierung der berechneten Tranquillity-Map entsprechend ihrer Quintile durchgeführt. Um das Kriterium der geringen Zerschneidung zu erfüllen, wurden Bereiche, die aus Rasterzellen oberhalb des 80% Quintils bestehen um eine Rasterzelle verkleinert (ArcGIS-Funktion "shrink"). Dadurch werden Gebiete, die nur durch einzelne Rasterzellen verbunden sind, getrennt und die Zerschneidung von Gebieten generell reduziert. Durch die Verkleinerung der Gebiete um eine Rasterzelle ist die Minimalfläche von 5 km² kein anwendbares Kriterium. Aus diesem Grund wurde die ursprüngliche Fläche ($A_{Ursprung}$ in km²) des

Gebiets unter Einbeziehung der verkleinerten Fläche ($A_{\text{verkleinert}}$ in km^2) und des Umfangs ($U_{\text{verkleinert}}$ in m) geschätzt:

$$A_{\text{Ursprung}} = A_{\text{verkleinert}} + \frac{U_{\text{verkleinert}}}{10000}$$

Die Division durch 10000 ergibt sich aus der Ableitung der Fläche (km^2) aus dem Umfangs (m) des Gebiets. Gebiete, deren geschätzte ursprüngliche Fläche über 5 km^2 beträgt, wurden als Tranquillity-Gebiete selektiert und wieder um eine Rasterzelle erweitert (ArcGIS-Funktion "expand"). Das Vorgehen ist in Abbildung 2 dargestellt. Tranquillity-Gebiete, die durch eine Rasterzelle verbunden sind, wurden als getrennte Gebiete gewertet.

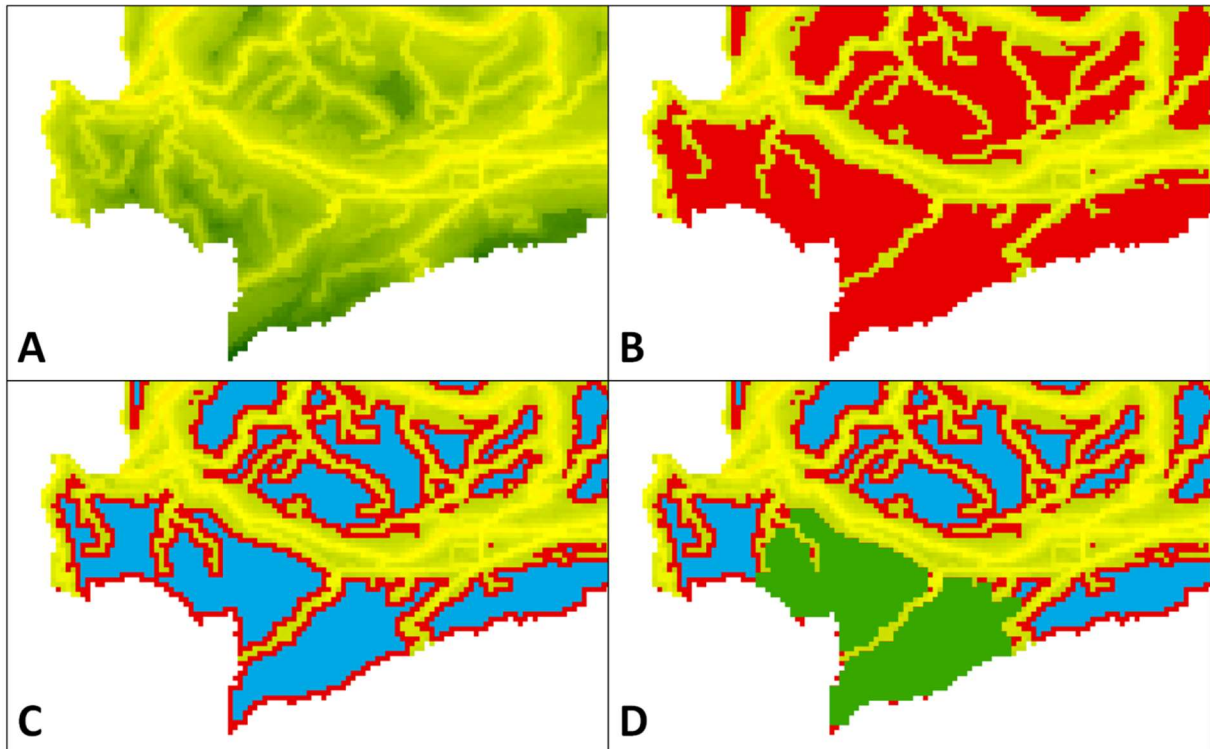


Abbildung 2: Detailansicht der Tranquillity-Map (A) und Darstellung der Zellen mit einem Tranquillity-Index, der zu den höchsten 20% des Schweizer Mittellandes gehört (B; in rot). Die blauen Gebiete in C stellen die verbleibenden Bereiche nach der Verkleinerung um eine Rasterzelle dar. Jene Gebiete, die unter Einbeziehung des Umfangs eine geschätzte Ursprungsgrösse von über 5 km^2 aufweisen, wurden wieder um eine Rasterzelle vergrößert und stellen die Tranquillity-Gebiete dar (D; in grün).

Für jedes Tranquillity-Gebiet wurde anhand des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN; BAFU (2017a)), des Bundesinventars der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung (BAFU, 2017b) und der Liste der Schweizerischer Nationalparks und Pärke von nationaler Bedeutung (BAFU, 2019) bestimmt, ob es sich um eine Moorlandschaft bzw. um einen Naturpark handelt, und ob das Gebiet im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler verzeichnet ist. Ausserdem wurde für jedes Gebiet die Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmittel anhand einer Skala von 1 ("geringfügig erreichbar") bis 3 ("sehr gut erreichbar") klassifiziert, wobei eine gute Erreichbarkeit durch eine zweiseitige Anreisemöglichkeit von (Klein-)Zentren her und eine sehr gute Erreichbarkeit durch eine mehrseitige Anreise sowie dem Vorhandensein von Bahn- und Busverbindung definiert wurde.

2.5. Vergleich mit anderen Karten

Der Tranquillity-Index wurde mit Datensätzen verglichen, die einen thematisch ähnlichen Sachverhalt beschreiben:

- Landschaftsfaktoren-Index (Schwick and Spichtig, 2012) - Index, welcher die landschaftliche Qualität beschreibt
- Naherholungsgebiete-Index (Kienast et al., 2012) - Index, welcher die Qualität der Landschaft für die Erholung bzw. Freizeitgestaltung beschreibt
- Wildnis-Index (Radford et al., 2019) - Index, der die "Wildheit" der Landschaft beschreibt

Hierfür wurde jeder Index an 1000 zufälligen Punkten (Minimaldistanz zwischen zwei Punkten = 100 m) bestimmt, anschliessend eine Korrelationsanalyse zwischen dem Tranquillity-Index und den anderen Indexe durchgeführt und das Bestimmtheitsmass R^2 berechnet.

Ausserdem wurde die unter 2.4 beschriebene Vorgehensweise auf die anderen Datensätze angewendet. Um eine Vergleichbarkeit der Quintile zu erreichen, wurden bei allen Datensätzen nur das Mittelland (ohne Seen > 10 ha) berücksichtigt. Anschliessend wurde die Anzahl der identifizierten Gebiete deskriptiv verglichen und auf Überschneidungen kontrolliert.

Der Vollständigkeit halber sei hier auch die Studie "Naturnahe Freiräume in der Schweiz: Analysekonzept, Identifizierung und raumplanerische Sicherung?" (Nischik and Pütz, 2018) erwähnt, in der naturnahe Freiräume für die ganze Schweiz identifiziert wurden. Da als Bezugsfläche jedoch, anders als in der vorliegenden und den oben genannten Studien, nicht Rasterzellen von 100 x 100 m, sondern Gewässereinzugsgebiete gewählt wurden, ist ein direkter Vergleich nicht möglich.

3. Ergebnisse

Die berechnete Tranquillity-Map für das Schweizer Mittelland ist in Abbildung 4 dargestellt, eine getrennte Darstellung aller positiven und negativen Einflussfaktoren in Abbildung 5 bzw. 6. Alle Einflussfaktoren, die zur akustischen Wahrnehmung der Tranquillity beitragen sind in Abbildung 7 und alle zur visuellen Wahrnehmung in Abbildung 8 dargestellt.

Insgesamt wurden 53 Gebiete mit über 5 km² und einer hohen Tranquillity identifiziert (Abbildung 9, Abbildung 10 und Tabelle 7), wobei neun eine Fläche von über 10 km² aufwiesen (siehe Tabelle 5). Bereiche von zwei Tranquillity-Gebieten sind als Moorlandschaft klassifiziert, 11 als Naturpark und 16 Gebiete sind im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler verzeichnet (Tabelle 7).

Tabelle 5: Übersicht über die Grösse und Anzahl an Gebieten, die die unter "2.4 Auswahl von Gebieten mit einer hohen Tranquillity" genannten Kriterien erfüllen.

	Anzahl an Gebiete		Fläche der Gebiete [km ²]			
	> 5 km ²	> 10 km ²	Durchschnitt	Min	Max	SD
Tranquillity-Index	53	9	8,81	5,11	39,28	6,22
Landschaftsfaktoren-Index	26	4	8,34	5,14	33,81	5,87
Naherholungsgebiete-Index	70	35	15,37	5,05	68,62	13,14
Wildnis-Index	33	11	9,64	5,05	24,62	4,71

Zwischen Tranquillity-Index und dem Wildnis-Index bzw. dem Naherholungs-Index konnte nur eine geringe bzw. keine Korrelation ($R^2 = 0,14$ bzw. $0,01$) und zwischen Tranquillity-Index und dem Landschaftsfaktoren-Index eine mässige Korrelation ($R^2 = 0,42$) gefunden werden (Abbildung 3).

Basierend auf dem Landschaftsfaktoren-Index bzw. dem Naherholungs-Index und dem Wildnis-Index konnten 26, 70 bzw. 33 Gebiete mit einer Fläche über 5 km² abgeleitet werden (Tabelle 5). Die Tranquillity-Gebiete weisen in 72% der Fälle eine Überschneidung mit mindestens einem dieser Gebiete auf (Tabelle 6), wobei es in 5 Tranquillity-Gebiete eine direkte Überschneidung sowohl mit Landschaftsfaktoren-Index-Gebieten als auch Naherholungsgebieten und Wildnisgebieten gibt (Abbildung 11). Die Fläche dieser effektiven Überschneidung beträgt insgesamt 25,07 km².

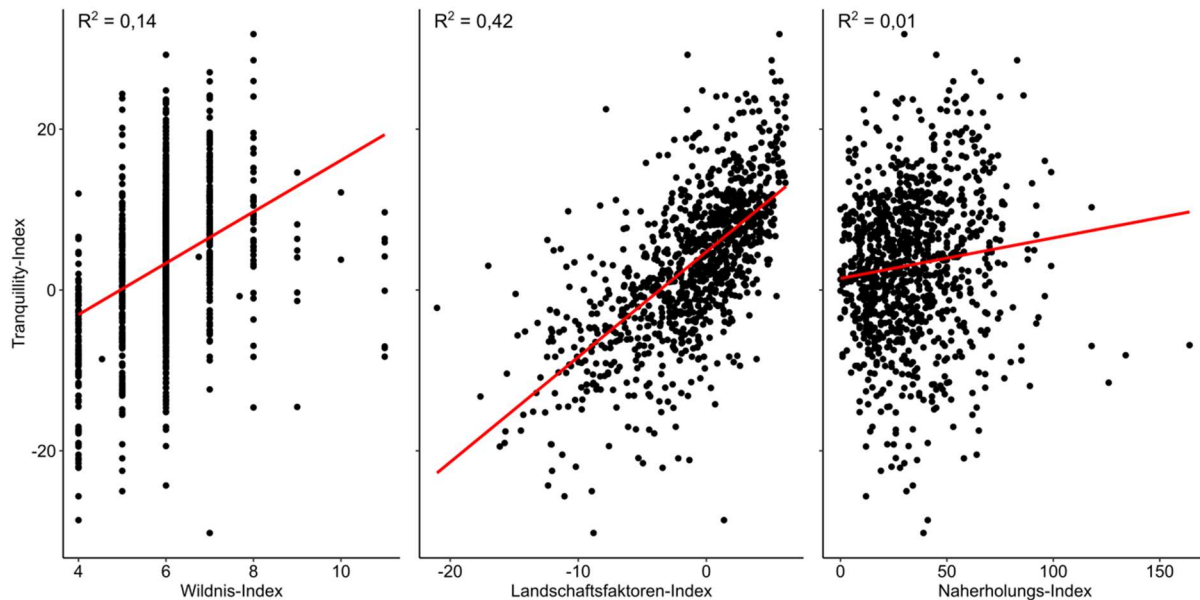
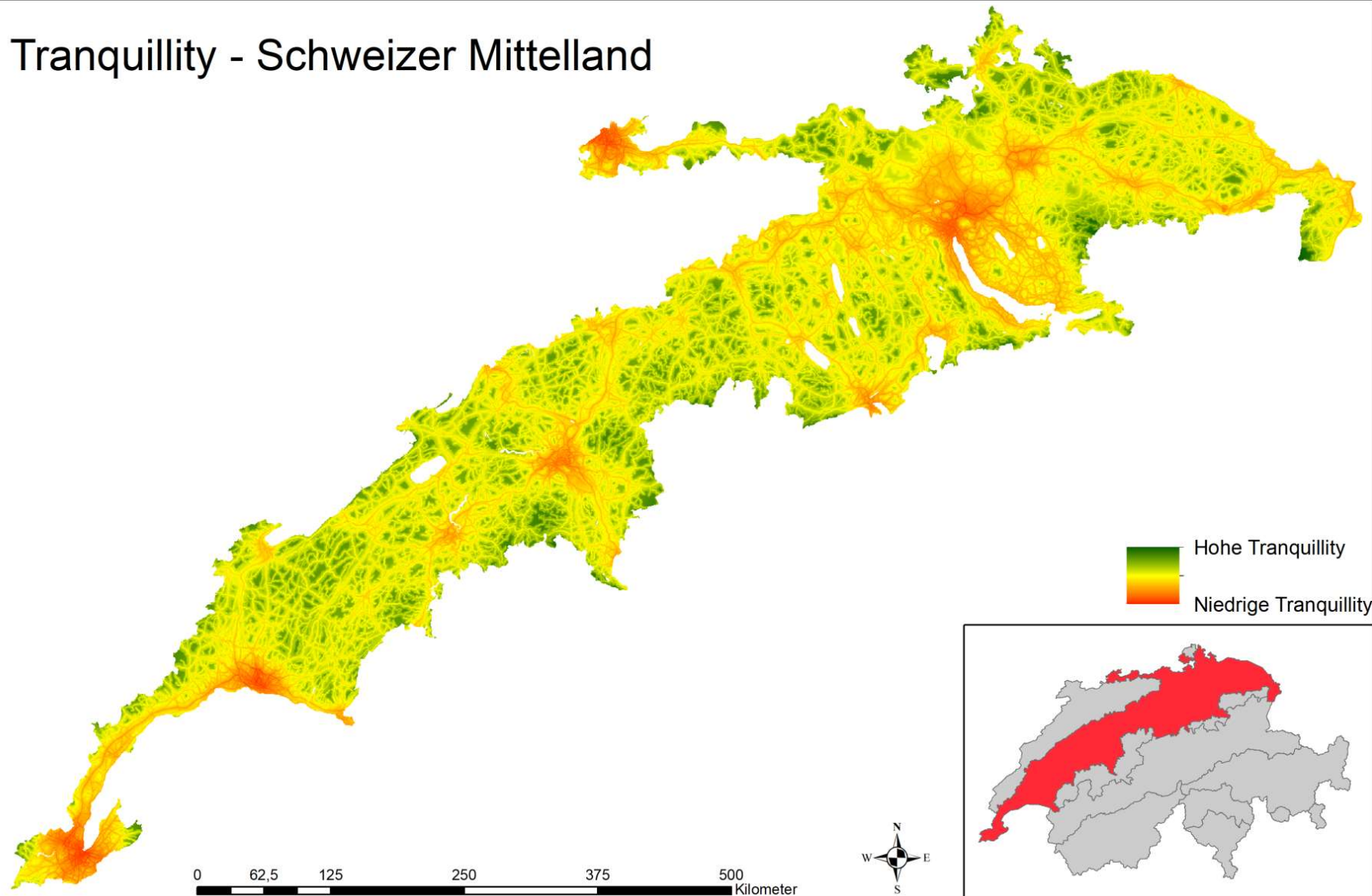


Abbildung 3: Korrelation zwischen Tranquillity-Index und dem Wildnis-Index, dem Landschaftsfaktoren-Index und dem Naherholungs-Index mit Angabe des Bestimmtheitsmasses R².

Tabelle 6: Übersicht über die Überschneidungen der Gebiete, die basierend auf verschiedenen Datenquellen berechnet wurden.

	Überschneidung mit [% (n)]					
	Anzahl Gebiete	Tranquillity-Index	Landschaftsfaktoren-Index	Naherholungsgebiete-Index	Wildnis-Index	Alle anderen Indexe
Tranquillity-Index	53	-	30 (16)	42 (22)	43 (23)	72 (38)
Landschaftsfaktoren-Index	26	65 (17)	-	42 (11)	62 (16)	85 (22)
Naherholungsgebiete-Index	70	37 (26)	19 (13)	-	33 (23)	41 (29)
Wildnis-Index	33	73 (24)	45 (15)	58 (19)	-	94 (31)

Tranquillity - Schweizer Mittelland



Hohe Tranquillity
Niedrige Tranquillity



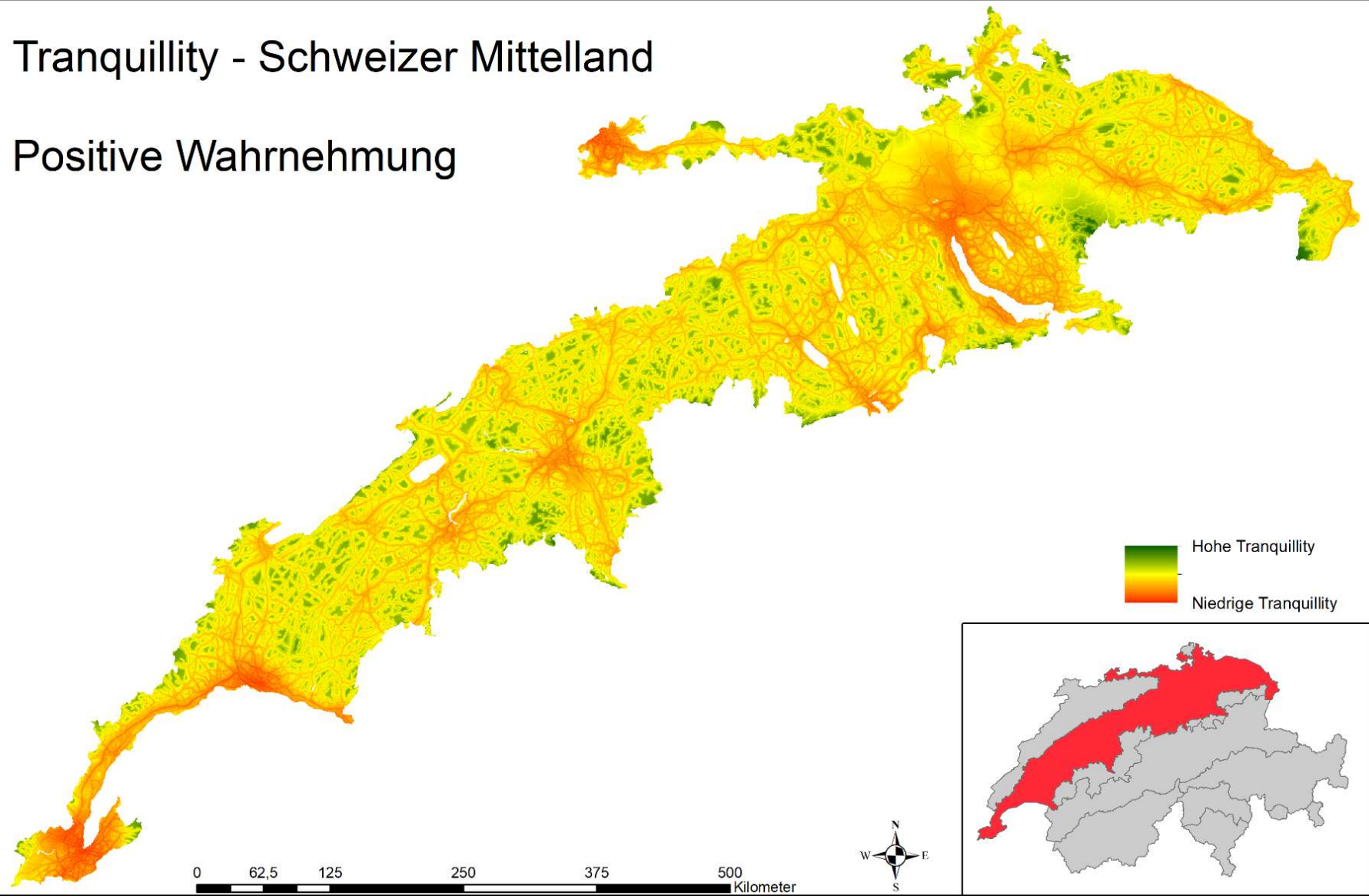
Ersteller: Leeb, C., Van Strien, M., Rodewald, R., Gret-Regamey, A.

09.07.2020

Abbildung 4: Tranquillity-Map für das Schweizer Mittelland.

Tranquillity - Schweizer Mittelland

Positive Wahrnehmung



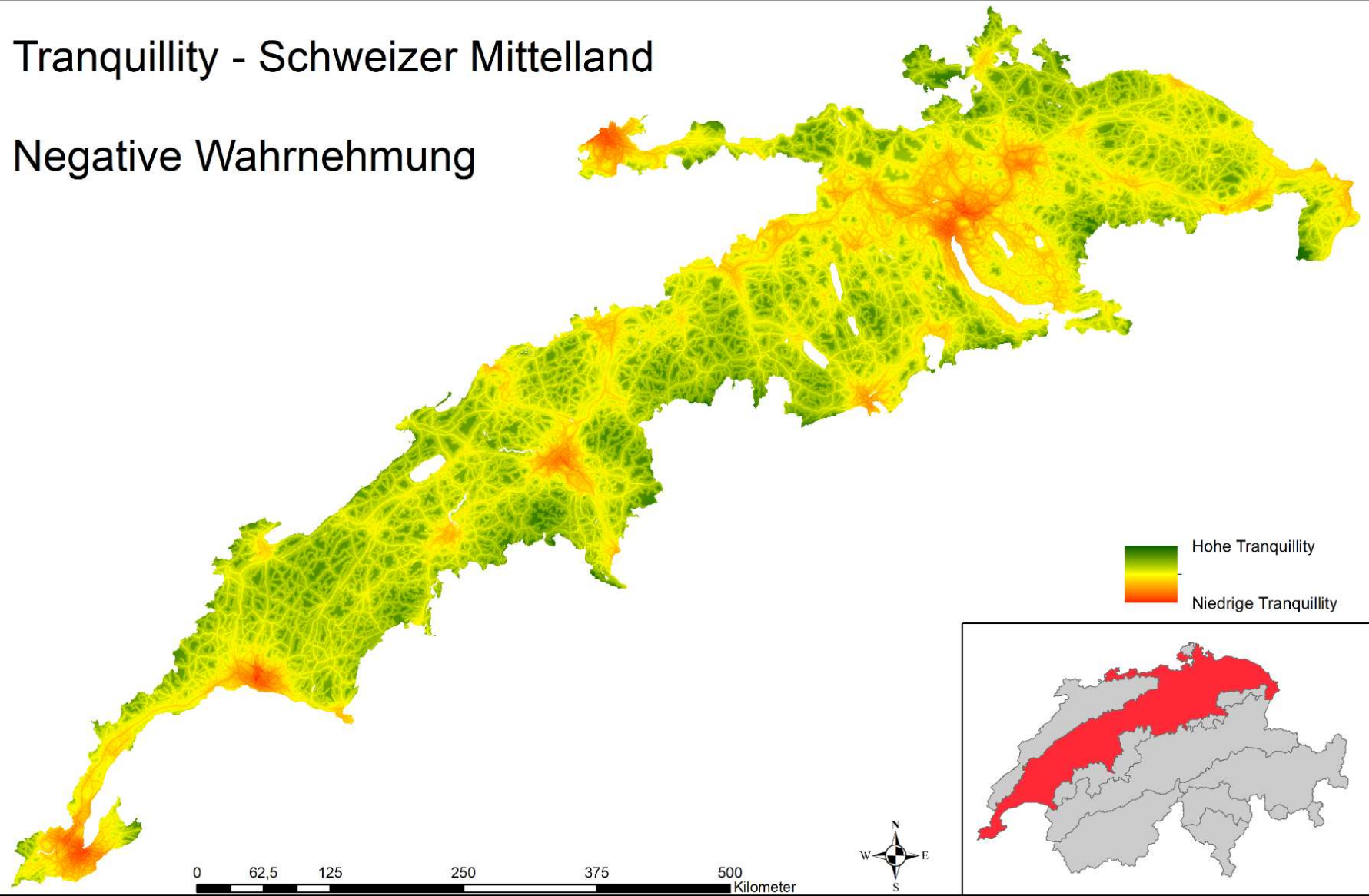
Ersteller: Leeb, C., Van Strien, M., Rodewald, R., Gret-Regamey, A.

09.07.2020

Abbildung 5: Separate Darstellung aller Einflussfaktoren, die zu einer positive Wahrnehmung führen.

Tranquillity - Schweizer Mittelland

Negative Wahrnehmung



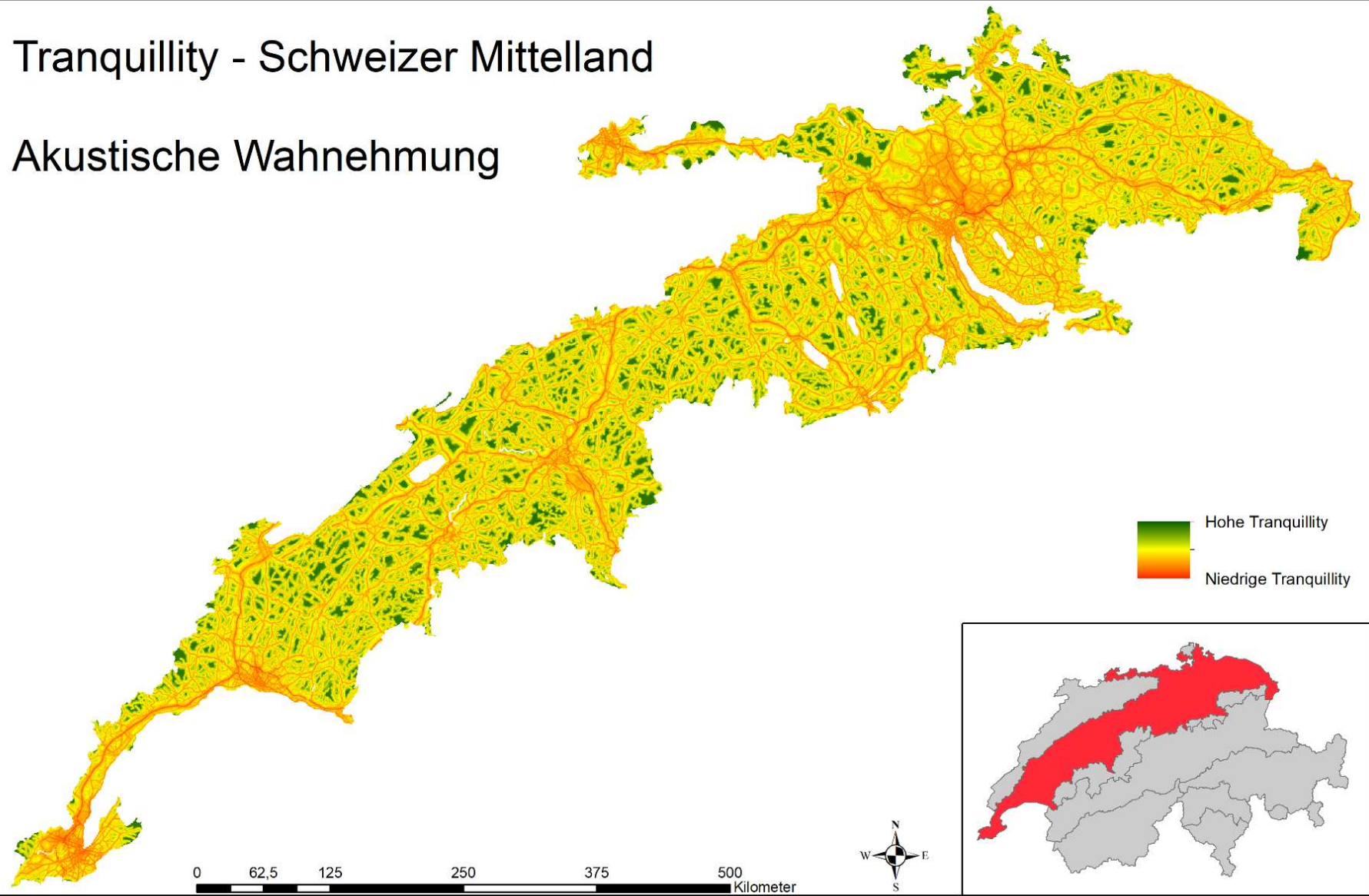
Ersteller: Leeb, C., Van Strien, M., Rodewald, R., Gret-Regamey, A.

09.07.2020

Abbildung 6: Separate Darstellung aller Einflussfaktoren, die zu einer negativen Wahrnehmung führen.

Tranquillity - Schweizer Mittelland

Akustische Wahrnehmung



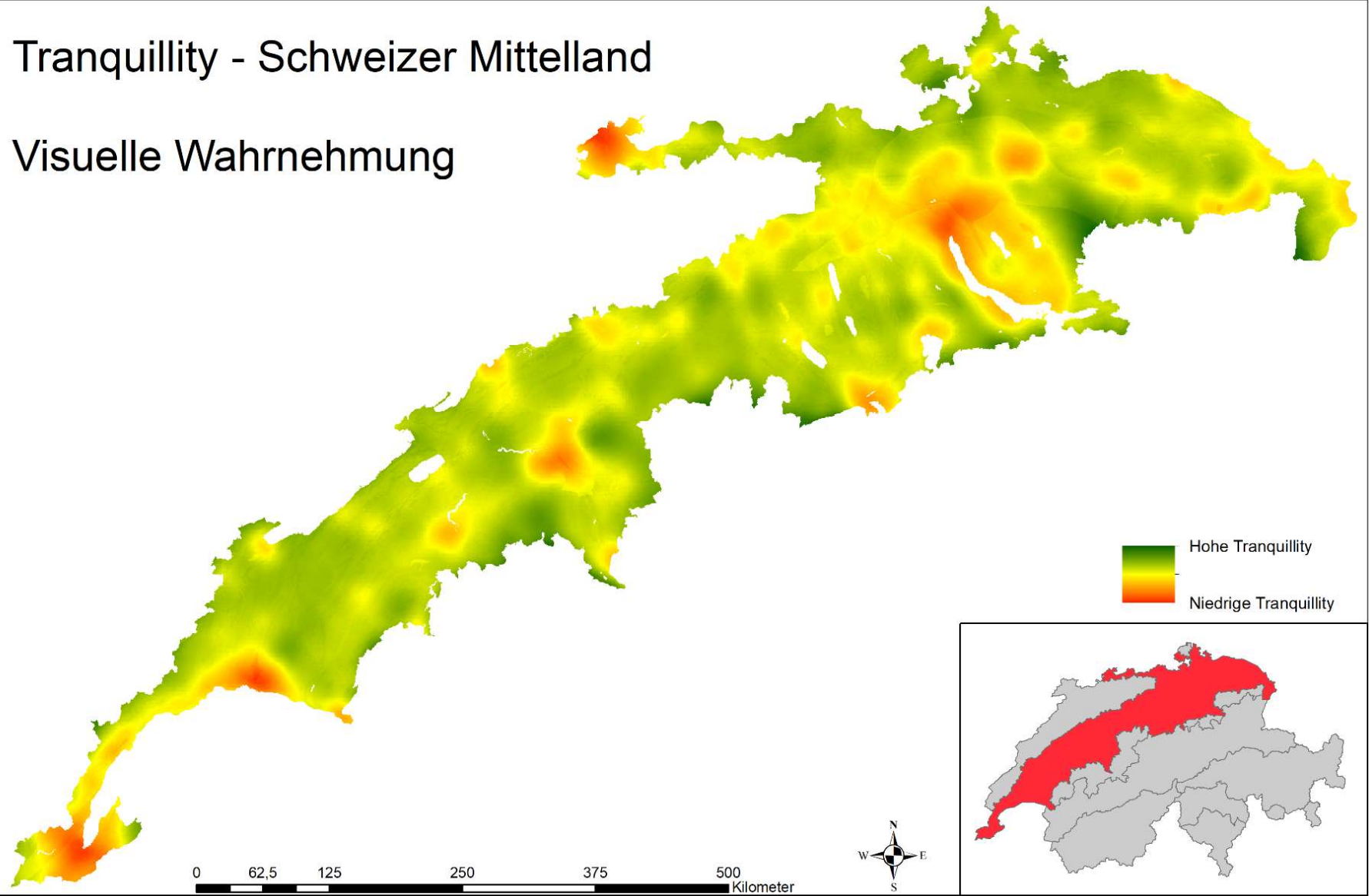
Ersteller: Leeb, C., Van Strien, M., Rodewald, R., Gret-Regamey, A.

09.07.2020

Abbildung 7: Separate Darstellung aller Einflussfaktoren, die eine akustische Wahrnehmung beschreiben.

Tranquillity - Schweizer Mittelland

Visuelle Wahrnehmung



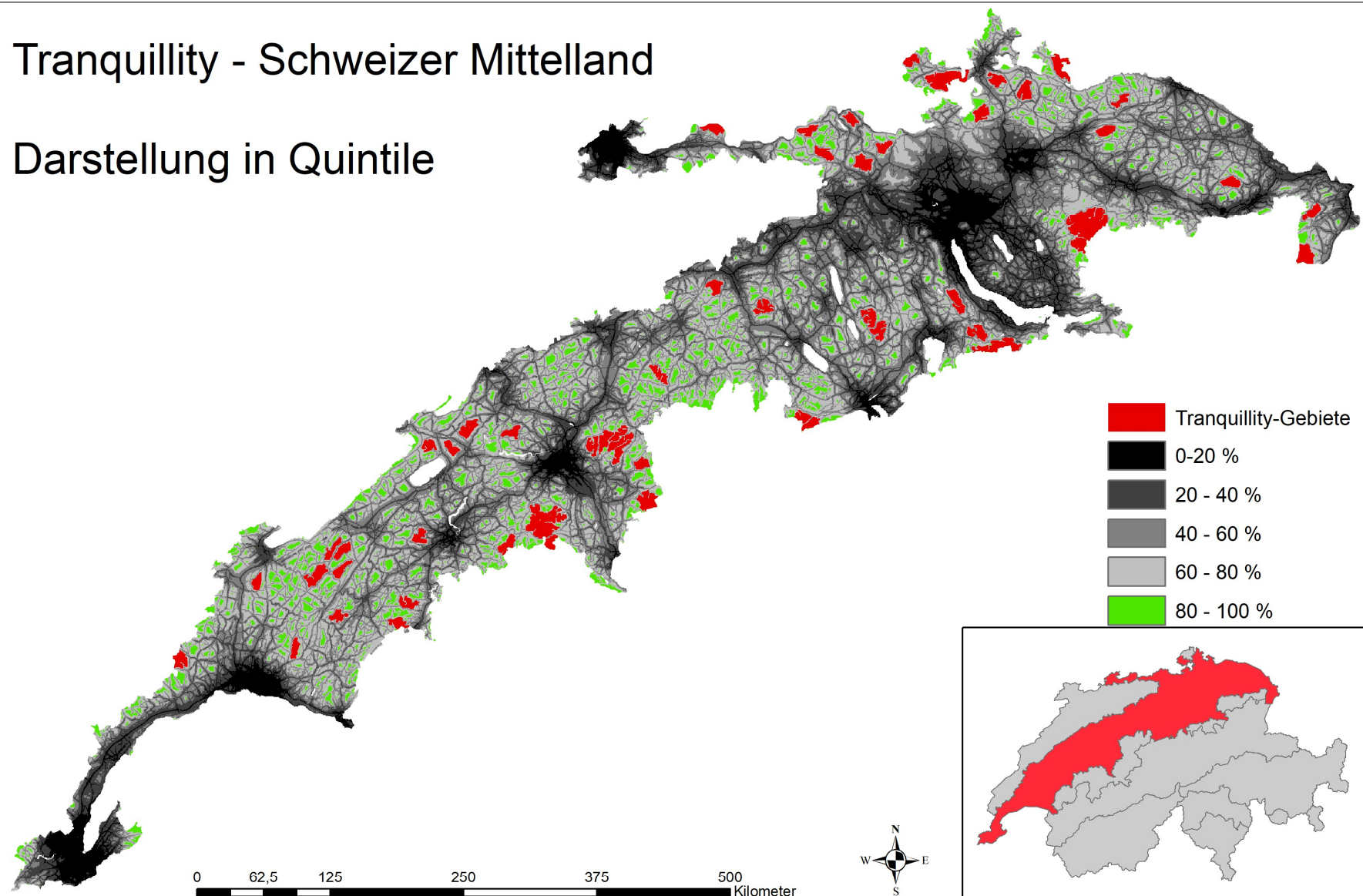
Ersteller: Leeb, C., Van Strien, M., Rodewald, R., Gret-Regamey, A.

09.07.2020

Abbildung 8: Separate Darstellung aller Einflussfaktoren, die eine visuelle Wahrnehmung beschreiben.

Tranquillity - Schweizer Mittelland

Darstellung in Quintile



Ersteller: Leeb, C., Van Strien, M., Rodewald, R., Gret-Regamey, A.

09.07.2020

Abbildung 9: Tranquillity-Map für das Schweizer Mittelland als Quintile. Gebiete, die die "2.4 Auswahl von Gebieten mit einer hohen Tranquillity" genannten Kriterien erfüllen, sind rot dargestellt.

Tranquillity - Schweizer Mittelland

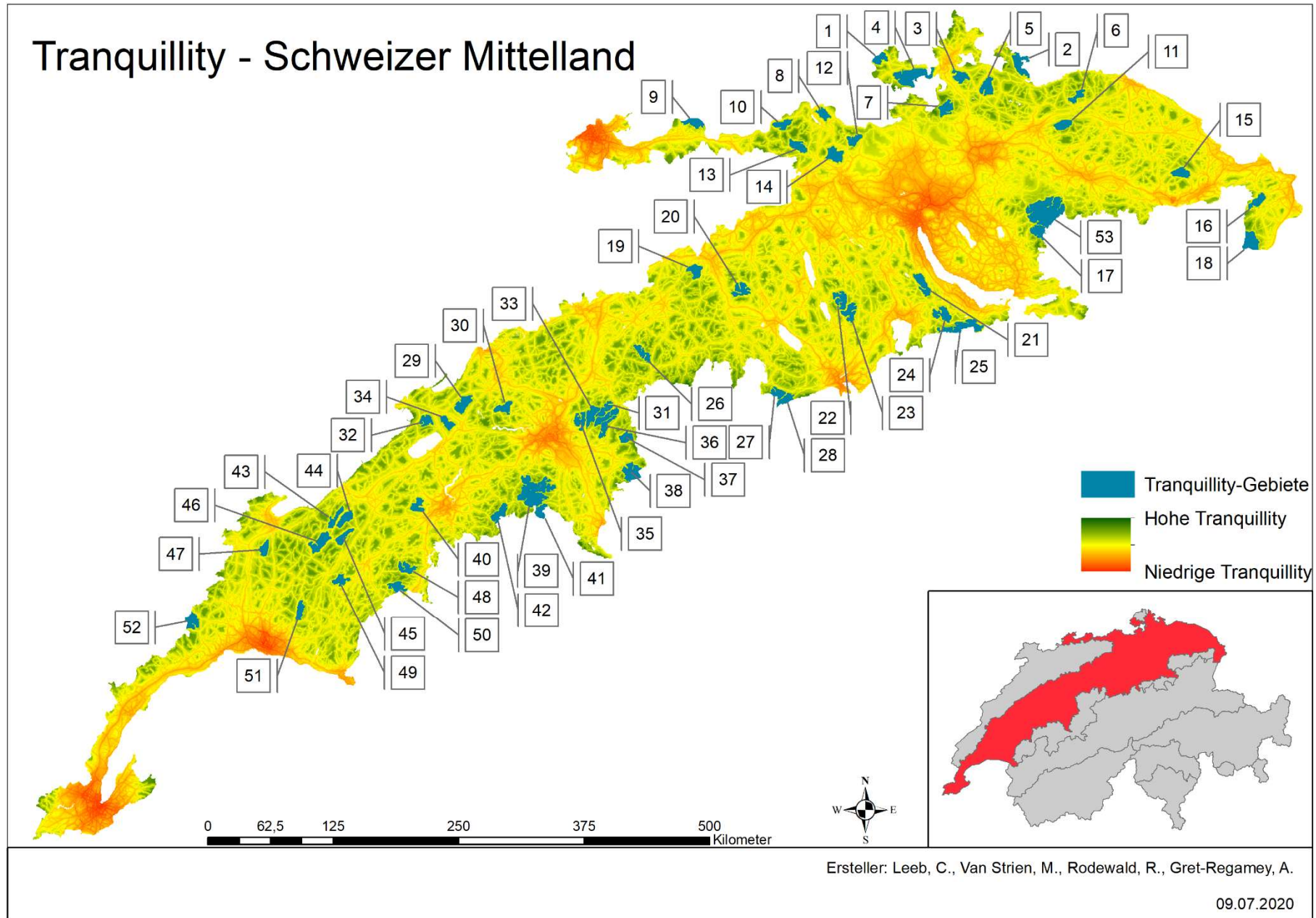


Abbildung 10: Tranquillity-Gebiete mit einer eindeutigen Nummer, die die Zuordnung zu den Details für jedes Gebiet in Tabelle 7 ermöglicht.

Tranquillity - Schweizer Mittelland

Überschneidung der Gebiete

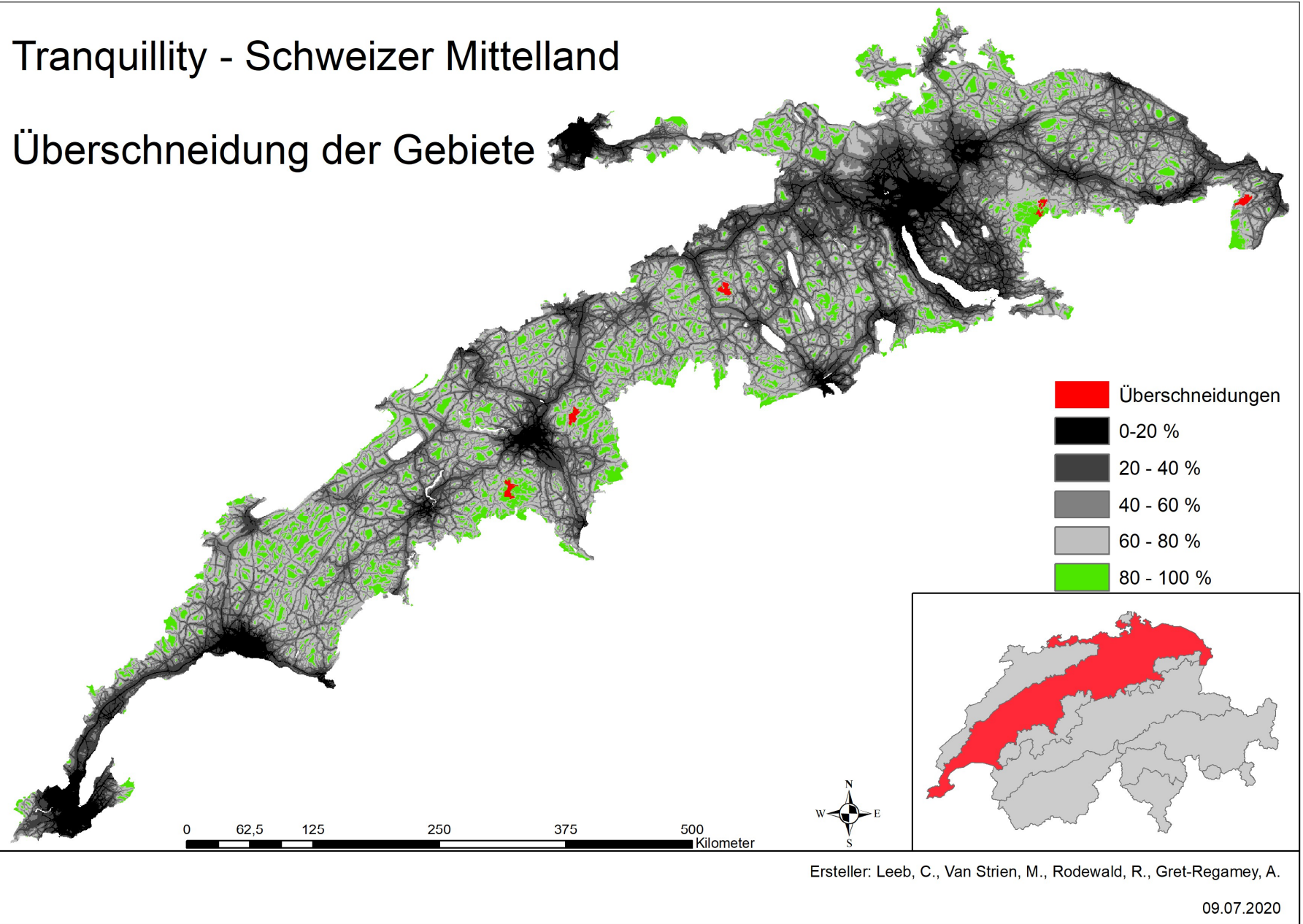


Abbildung 11: Gebiete, in denen sich Tranquillity-Gebiete, Wildnis-Gebiete, Naherholungs-Gebieten und Landschaftsindex-Gebieten überschneiden.

Tabelle 7: Bezeichnung aller in Abbildung 10 dargestellten Tranquillity-Gebiete, ihre Einstufung als BLN-Gebiet, Moorlandschaft und Naturpark, ihre Grösse und wie gut das Gebiet mit den öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar ist. Gebiete, in denen sich Wildnis-Gebiete, Naherholungs-Gebieten und Landschaftsindex-Gebieten überschneiden, sind rot hinterlegt.

Nr.	Name	Gemeinde	Kanton	BLN-Gebiet	Moorlandschaft	Naturpark	Öv-Erreichbarkeit	Grösse [km ²]
1	Wilchingerbärg, Hallauerbärg	Hallau	SH	ja	nein	Regionaler Naturpark Schaffhausen	1	5,5
2	Wolkestaanerbärg, Hohenklingen, Chroobach, Unterwald	Hemishofen, Stein am Rhein, Ramsen	SH	ja	nein	nein	2	11,0
3	Cholfirst, Rindisburg	Laufen-Uhwiesen	ZH	nein	nein	nein	3	6,8
4	Südranden, Laufferbärg, Wannebärg	Beringen, Neunkirch, Wilchingen	SH	nein	nein	Regionaler Naturpark Schaffhausen	2	21,1
5	Chällersbärg, Belzhalden	Basadingen-Schlattingen, Truttikon	TG, ZH	ja	nein	nein	2	8,8
6	Raperswilen, Müllberg, Hörstetten, Egg	Wigoltingen, Raperswilen, Müllheim, Homburg	TG	nein	nein	nein	2	5,1
7	Watt Niderholz, Thurhof	Rheinau, Marthalen, Flaach	ZH	ja	nein	nein	1	7,8
8	Acheberg, Laubberg	Koblentz, Rietheim, Klingnau, Bad Zurzach	AG	ja	nein	nein	2	5,1
9	Oberforst, Unterforst	Möhlín, Wallbach, Zeiningen	AG	nein	nein	nein	2	7,0
10	Mettauerberg, Wisstannenchofp	Mettauerthal, Schwaderloch	AG	ja	nein	Jurapark Aargau	2	6,2
11	Wolfsbüel, Bietehart	Hüttlingen Thundorf	TG	nein	nein	nein	3	6,9
12	Studenland, Eetel, Bowald	Schneisingen, Siglistorf, Wislikofen, Böbikon, Lengnau, Endingen	AG	nein	nein	nein	3	5,6
13	Geissberg, Hottwil, Laubberg, Bürerhorn, Bützberg	Villigen, Mettauertal, Gansingen, Remigen	AG	ja	nein	Jurapark Aargau	3	7,1
14	Homrig, Gländ, Höndli	Untersiggenthal, Würenlingen, Endingen, Lengnau, Freienwil, Obersiggenthal	AG	nein	nein	nein	3	9,3
15	Bernhardzellerwald, Tannenber, Leitobel	Waldkirch	SG	nein	nein	nein	2	6,8
16	Kornberg, Haggen, St. Anton, Fegg	Altstätten, Oberegg, Reute	AI, AR, SG	nein	nein	nein	2	6,5
17	Stoffel, Bärenswil	Bärenswil, Hittnau, Pfäffikon, Wetzikon	ZH	nein	nein	nein	2	7,3
18	Hoher Kasten, Kamor Trestenkopf, Dürrenegg, Kobelwald	Altstätten, Rüthi, Oberriet	SG	ja	nein	nein	2	11,4
19	Murgenthal, Langholz, Boowald	Rothrist, Vordemwald, Murgenthal	AG	nein	nein	nein	3	7,1
20	Chrüzberg, Lutertal, Williberg, Moosleerau, Reidermoos	Reitnau, Williberg, Triengen, Dagmersellen, Reiden	AG, LU	ja	nein	nein	2	8,1
21	Albis, Albishorn, Sihlwald	Horgen, Langnau am Albis, Hausen am Albis	ZH	ja	nein	Wildnispark Zürich Sihlwald	3	9,2
22	Hitzkirch, Lindenber	Hitzkirch, Hohenrain	LU	nein	nein	nein	2	8,4
23	Hohenrain, Beinwil (Freiamt)	Hohenrain, Beinwil, Auw, Sins, Abtwil,	AG, LU	nein	nein	nein	2	8,1
24	Menzingen, Schönenberg, Sihlsprung, Schwand	Menzingen, Neuheim, Baar	ZG, ZH	ja	nein	nein	3	8,7
25	Höhronen, Gottschalkenberg, Schindellegi	Feusisberg, Wollerau, Oberägeri, Menzingen, Wädenswil, Rothenthurm, Einsiedeln	SZ, ZG, ZH	ja	nein	nein	2	15,3
26	Breitenegg, Ferrenberg	Wynigen, Seeberg, Ochlenberg, Oeschenbach, Ursenbach	BE	nein	nein	nein	2	6,4
27	Bramegg, Roteflue	Werthenstein, Entlebuch, Malters	LU	nein	nein	UNESCO Biosphäre Entlebuch	2	5,4
28	Hinderberg, Schwandeneegg	Schwarzenberg, Malters	LU	nein	nein	nein	1	5,6
29	Seeland, Kallnach, Finsterhennen	Kallnach, Barga, Siselen Finsterhennen, Treiten, Fräschels, Kerzers	BE, FR	nein	nein	nein	2	9,4
30	Frienisberg, Wahledorf, Innerberg	Seedorf, Meikirch, Wohlen bei Bern	BE	nein	nein	nein	2	6,7
31	Hasliberg, Lauterbach	Hasle bei Burgdorf, Oberburg, Lützelflüh	BE	nein	nein	nein	2	5,9
32	Grosses Moos, Canal de la Broye	Ins, Mont-Vully	BE, FR	nein	nein	nein	3	5,6
33	Lindetal, Thorberg	Vechigen, Krauchthal	BE	nein	nein	nein	2	8,3
34	Grosses Moos, Bellechasse, Erlenhof, Grosser Kanal	Galmiz, Murten, Mont-Vully, Ins, Müntschemier	BE, FR	nein	nein	nein	2	5,4
35	Bantiger	Bolligen, Krauchthal	BE	nein	nein	nein	2	6,9
36	Biembach, Diepoldshusenegg, Bigenthal, Mänziwilegg	Hasle bei Burgdorf, Walkringen, Vechigen, Walkringen, Hasle bei Burgdorf	BE	nein	nein	nein	2	13,8
37	Obergoldbach, Geissrügge	Landiswil, Lützelflüh, Walkringen, Arni	BE	nein	nein	nein	3	5,6
38	Churzenberg, Oberhünigen, Bowil	Oberhünigen, Mirchel, Zäziwil, Niederhünigen, Linden, Bowil	BE	nein	nein	nein	2	11,8
39	Schwarzwassergraben, Bütschelegg	Schwarzenburg, Köniz, Oberbalm, Wald, Niedermuhlern, Rüeggisberg, Toffen, Riggisberg	BE	ja	nein	Naturpark Gantrisch	3	33,9
40	Lac de Seedorf, Corminboef, Chésopelloz	Ponthaux, Belfaux, Prez, Corminboeuf, Grolley, Avry	FR	nein	nein	nein	3	6,3
41	Gibelegg, Rüscheegg-Graben	Riggisberg, Rüeggisberg	BE	ja	nein	Naturpark Gantrisch	3	5,5
42	Senseschlucht, , Alterswil, Schwarzenburger Dorfwald	Schwarzenburg, Köniz, Guggisberg, Alterswil, St. Antoni	BE, FR	ja	nein	Naturpark Gantrisch	2	8,0
43	Granges-de-Vesin, La Petite Glâne, Treytorrens	Les Montets, Nuilly, Estavayer, Treytorrens (Payerne), Valbroye	FR, VD	nein	nein	nein	2	5,7
44	Verdière, Sassel, Nuilly	Les Montets, Cugy, Nuilly, Valbroye	FR, VD	nein	nein	nein	2	6,9
45	Cheiry, Surpierre, Granges-près-Marnand	Cheiry, Surpierre, Valbroye, Lucens	FR, VD	nein	nein	nein	2	5,8
46	Vuissens, Combremont-le-Grand, La Regne	Montanaire, Estavayer, Valbroye	FR, VD	nein	nein	nein	2	10,9
47	Ependes, Suchy, Bois de Suchy	Belmont-sur-Yverdon, Suchy, Ependes, Chavornay	VD	nein	nein	nein	2	5,2
48	Le Gibloux	Pont-en-Ogoz, Sorens, Gibloux, Villorsonnens, Le Châtelard	FR	nein	nein	nein	2	6,7
49	Chesalles-sur-Moudon, Chavannes-sur-Moudon	Lucens, Ursy, Siviriez, Chavannes-sur-Moudon	FR, VD	nein	nein	nein	2	5,6
50	Romanens, Communs de Maules, Croix-Blanche	Sâles, Riaz, Vaulruz, Les Gurses, Marsens	FR	nein	ja	nein	2	6,3
51	Le Jorat	Corcelles-le-Jorat, Montpreveyres, Lausanne, Jorat-Menthue	VD	nein	nein	Parc naturel périurbain du Jorat	2	5,6
52	Ballens, Pampigny, Le Marais des Monod	Montricher, Apples, Ballens, Mollens, Pampigny	VD	nein	ja	Parc Jura vaudois	2	8,4
53	Tösstal, Tämbri, Sternenberg	Fischingen, Turbenthal, Wila, Wildberg, Russikon, Hittnau, Pfäffikon	ZH	ja	nein	nein	3	39,3

4. Diskussion

Die vorliegende Arbeit stellt den ersten Versuch der Erstellung einer Tranquillity-Map für eine Grossregion der Schweiz (Mittelland) dar, wobei insgesamt 53 Gebiete identifiziert werden konnten, die eine hohe Tranquillity bei einer Mindestgrösse von 5 km² ausweisen. Diese Gebiete stellen daher potentielle Naherholungsgebiete für die ruhesuchende Bevölkerung dar.

Betrachtet man die Tranquillity-Map vergleichend mit der akustischen und visuellen Wahrnehmung, dann ist ersichtlich, dass die Tranquillity eines Ortes stark durch die akustische Wahrnehmung geprägt ist, auch wenn die Gewichtungen aller entsprechenden Faktoren nur 40% ausmachen (siehe Tabelle 2). Dies ist zum einem darauf zurückzuführen, dass die visuelle Wahrnehmung durch eine grössere Anzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren berechnet wird und daher weniger durch einzelne Faktoren geprägt ist, wie es bei der akustischen Wahrnehmung der Fall ist. Diese ist vor allem durch den Einflussfaktor "Hearing, Birdsong" geprägt, der über 16 % der gesamten, bzw. 40% der akustischen Wahrnehmung ausmacht. Dieser Einflussfaktor beinhaltet wiederum den Faktor "Noise from cars/lorries/motorbikes", auf den weitere 12% der Wahrnehmung zurückgeführt werden können. Ausserdem können die meisten Einflussfaktoren, die eine visuelle Wahrnehmung beschreiben, entsprechend der gewählten Methodik, über Distanzen zwischen 6 und 35 km wahrgenommen werden, was zu einer starken Glättung der Wahrnehmung über das gesamte Mittelland führt. Diese Wahrnehmung über grosse Distanzen ist bei der akustischen Wahrnehmung meistens nicht gegeben. Die Identifikation von grösseren, zusammenhängenden Gebieten mit einer hohen Tranquillity ist jedoch nur im Zusammenspiel von akustischer und visueller Wahrnehmung möglich. Die akustische Wahrnehmung alleine führt, primär auf Grund des Strassenlärms, zu einem hohen Grad an Zerschneidung, wodurch nur wenige Gebiete über 5 km² erhalten bleiben würden.

Die Korrelation zwischen Tranquillity-Index und dem Wildnis-Index, dem Naherholungsindex und dem Landschaftsfaktoren-Index kann generell als niedrig angesehen werden. Dies überrascht im ersten Moment, da die Indexe auf einer ähnlichen Datengrundlage beruhen und, wie im Falle des Wildnis-Index, sogar direkt in die Berechnung der Tranquillity einfliessen. Jedoch gibt es grosse Unterschiede in der Gewichtung der Datensätze, so haben störende Geräusche bzw. Stille einen hohen Einfluss auf die Tranquillity, der in anderen Datensätzen keine oder eine untergeordnete Rolle spielt. Dies zeigt auch die Bedeutung einer korrekten Gewichtung der Datensätze. Trotzdem weisen 72% der Tranquillity-Gebiete zumindest zum Teil eine Überschneidung mit den Gebieten mit einem hohen Landschaftsfaktoren-Index, einem hohen Naherholungswert oder einer hohen Wildnis (siehe Tabelle 6) auf. Dies ist darauf zurück zu führen, dass zusammenhängende Gebiete über 5 km² mit einem geringen anthropogenen Einfluss im Mittelland generell selten, und dann folglich bei mehreren Indexe zu finden sind. In fünf Gegenden überschneiden sich sowohl Tranquillity-Gebiete als auch Wildnis-Gebiete, Naherholungs-Gebiete und Gebiete mit einem hohen Landschaftsfaktoren-Index. Diese Gebiete können als Tranquillity-Hotspots angesehen werden und sind auch tatsächlich als beliebte Naherholungsgebiete im Schweizer Mittelland bekannt. Erfreulicherweise sind alle fünf Gebiete gut bzw. sehr gut mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar.

Die vorliegende Arbeit muss als Basis für zukünftige, detailliertere Bearbeitungen der Thematik gesehen werden, die vor allem die nachstehenden Punkte berücksichtigen sollte:

- Die Auswahl der Einflussfaktoren und die gewählte Gewichtung beruht auf Umfragen die in England durchgeführt wurden und spiegeln daher möglicherweise nicht die subjektive Wahrnehmung der Bevölkerung des Schweizer Mittellands wieder. So ist es zum Beispiel

denkbar, dass höhere Berge bzw. die Alpen eine vergleichbar positive Wahrnehmung hervorrufen wie der Anblick des Meeres bei Engländern. Zukünftige Studien sollten also an die Bevölkerung des Mittellands angepasste Einflussfaktoren wählen bzw. und angepasste Gewichtungen ableiten.

- Die Analyse der visuellen Wahrnehmung sollte bei weiterführenden Studien unter der Berücksichtigung der Geländetopologie durchgeführt werden. Entsprechende Sichtbarkeitsanalysen waren in der vorliegenden Studie auf Grund der zu erwartend langen Berechnungsdauer nicht möglich. Sichtbarkeitsanalysen würden den Einfluss von Objekten reduzieren, die von einem Standpunkt aus nicht gesehen werden können. So hätte z.B. eine Autobahn in einer Entfernung von einem Kilometer keinen negativen Einfluss auf die visuelle Wahrnehmung der Landschaft, wenn sich zwischen dem Standort und der Autobahn ein bewaldeter Hügel befindet. Diese Massnahme hätte auch zur Folge, dass die bereits genannte starke Glättung der visuellen Wahrnehmung weniger stark ausgeprägt und die daraus abgeleitete Tranquillity-Map weniger stark durch die akustische Wahrnehmung definiert wäre.
- Die Tranquillity-Gebiete, die in der vorliegenden Arbeit identifiziert wurden, stellen nicht zwingend Gebiete dar, die tatsächlich eine sehr hohen Tranquillity besitzen, sondern lediglich zusammenhängende Gebiete, die relativ zum restlichen Mittelland eine höhere Tranquillity aufweisen. Eine weiterführende Differenzierung wäre also notwendig.
- Die Tranquillity wurde aus der Summe von positiven und negativen Einflussfaktoren berechnet, jedoch ohne Kriterien zu definieren, die ein Gebiet zwingend als Tranquillity-Gebiet ausschliessen. Theoretisch kann sich zum Beispiel in einem Wald ein Abbaugelände befinden, dessen negativer Einfluss von anderen positiven Einflüssen überlagert wird und daher trotzdem als Gebiet mit hoher Tranquillity identifiziert wird.
- Eine Verifizierung der Tranquillity-Map bzw. der identifizierten Tranquillity-Gebieten, etwa durch die Einbeziehung von Expertenwissen, ist notwendig.
- Die Beschreibung der Einflussfaktoren mit räumlichen Daten kann in einigen Fällen noch präzisiert werden. So beinhaltet zum Beispiel der verwendete Datensatz zur Lärmbelastung durch Flugverkehr keine Lärmbelastungen unter 43 dB, die jedoch für die Beschreibung von ruhigen Gebieten relevant wären. Auch wurde z.B. bei der Beschreibung des Einflussfaktors "Seeing, Forest" nicht, wie bei der Befragung von Jackson et al. (2008) vorgegeben, zwischen natürlich und nicht natürlich ausschauenden Wäldern differenziert.
- Es sollten Datensätze berücksichtigt werden, die die Landschaft ausserhalb des Schweizer Staatsgebietes beschreiben. Durch das Fehlen dieser Daten werden Grenzgebiete auch trotz der in Material & Methoden dargestellten Korrektur möglicherweise falsch dargestellt, da z.B. negative Einflüsse von grenznahen Objekten nicht berücksichtigt werden.
- Eine Sensibilitätsanalyse ist notwendig, um den Einfluss von einzelnen Einflussfaktoren und deren Parametrisierung (z.B. max. Distanz in der ein Objekt wahrgenommen werden kann) auf die Identifikation der Tranquillity-Gebiete abschätzen zu können.

5. Danksagung

Wir möchten uns bei Felix Kienast für die Bereitstellung der Daten zur Lichtverschmutzung, der Wildnis sowie zu den Naherholungsgebieten bedanken, bei Lars Waser für die Bereitstellung des Waldmischungsdatensatzes und bei Hans-Michael Schmitt für die Erlaubnis die VisibilityMap zu

verwenden. Ausserdem möchten wir uns bei Jonathan Jaussi für die Hilfe bei der Aufarbeitung der Bezeichnungen und Klassifizierungen der Tranquillity-Gebiete bedanken.

6. Referenzen und Datenquellen

- BAFU (2013). Flussordnungszahl nach Strahler. Available at: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/zustand/karten/gewaessernetz-der-schweiz/gewaessernetz--flussordnungszahlen-fuer-das-digitale-gewaesserne.html> [Accessed June 17, 2020].
- BAFU (2017a). Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN). Available at: <http://data.geo.admin.ch/ch.bafu.bundesinventare-bln/data.zip> [Accessed July 13, 2020].
- BAFU (2017b). Bundesinventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung. Available at: <http://data.geo.admin.ch/ch.bafu.bundesinventare-moorlandschaften/data.zip> [Accessed July 13, 2020].
- BAFU (2018). sonBASE – Lärmdatenbank Schweiz 2015.
- BAFU (2019). Schweizerischer Nationalpark und Pärke von nationaler Bedeutung (Zonierung). Available at: http://data.geo.admin.ch/ch.bafu.schutzgebiete-paerke_nationaler_bedeutung/data.zip [Accessed July 13, 2020].
- BAZL (2020a). Lärmbelastungskataster für zivile Flugplätze. Available at: <https://www.bazl.admin.ch/bazl/de/home/politik/umwelt/laerm/laermbelastungskataster.html> [Accessed June 16, 2020].
- BAZL (2020b). Luftfahrthindernisdaten Schweiz. Available at: https://data.geo.admin.ch/ch.bazl.luftfahrthindernis/Active_Obstacles.kmz [Accessed June 18, 2020].
- BFE (2016). Windenergieanlage. Available at: <http://map.geo.admin.ch/?layers=ch.bfe.windenergieanlagen> [Accessed June 18, 2020].
- BFS (2013). Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT - Arealstatistik nach Nomenklatur 2004 – Standard. Available at: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/dienstleistungen/geostat/geodatenabonnemente.html> [Accessed June 16, 2020].
- BFS (2018). Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT - STATPOP2018 -Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP) ab 2010. Available at: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/dienstleistungen/geostat/geodaten-bundesstatistik/gebaeude-wohnungen-haushalte-personen/bevoelkerung-haushalte-ab-2010.html> [Accessed June 16, 2020].
- Jackson, S., Fuller, D., Dunsford, H., Mowbray, R., Hext, S., MacFarlane, R., et al. (2008). Tranquillity mapping: developing a robust methodology for planning support. Available at: www.cpre.org.uk/resources/countryside/item/download/542.
- Kienast, F., Degenhardt, B., Weilenmann, B., Wäger, Y., and Buchecker, M. (2012). GIS-assisted mapping of landscape suitability for nearby recreation. *Landsc. Urban Plan.* 105, 385–399. doi:10.1016/j.landurbplan.2012.01.015.
- Kienast, F., and Weiss, M. (2019). Wie Lichtemissionen den Schweizer Wald seit 1992 erhellen.

- Schweizerische Zeitschrift für Forstwes.* 170, 18–23. doi:10.3188/szf.2019.0018.
- Lienhard, A., and Binna, T. (2013). "VisibilityMap, innovative GPU-Programmierung zur Sichtbarkeitsberechnung," in *Angewandte Geoinformatik 2013*, eds. J. Strob, T. Blaschke, G. Griesebner, and B. Zagel (Berlin/Offenbach: Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH), 332–337.
- Nischik, G., and Pütz, M. (2018). Naturnahe Freiräume in der Schweiz: Analysekonzept, Identifizierung und raum planerische Sicherung? *WSL Ber.* 73, 80.
- R Development Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. *R Found. Stat. Comput.* doi:10.1111/j.1365-2621.1979.tb03829.x.
- Radford, S. L., Senn, J., and Kienast, F. (2019). Indicator-based assessment of wilderness quality in mountain landscapes. *Ecol. Indic.* 97, 438–446. doi:10.1016/j.ecolind.2018.09.054.
- Schwick, C., and Spichtig, F. (2012). Landschaftsfaktoren---Index: Kurzbericht zu Methodik und provisorischen Resultaten.
- Swisstopo (2012). Objektkatalog swissTLM3D.
- VBS (2020). Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport - Publierte Schiessanzeigen und Gefahrenzonen. Available at: <https://data.geo.admin.ch/ch.vbs.schiessanzeigen> [Accessed June 16, 2020].
- Wartmann, F. M., and Mackaness, W. A. (2020). Describing and mapping where people experience tranquillity. An exploration based on interviews and Flickr photographs. *Landsc. Res.* 45, 662–681. doi:10.1080/01426397.2020.1749250.
- Wartmann, F. M., Tieskens, K. F., van Zanten, B. T., and Verburg, P. H. (2019). Exploring tranquillity experienced in landscapes based on social media. *Appl. Geogr.* 113, 102112. doi:10.1016/j.apgeog.2019.102112.
- Waser, L. T., Rüetschi, M., Psomas, A., Small, D., and Rehus, N. (2020). Countrywide tree type mapping based on Sentinel -1/ -2 data: challenges for mountainous countries. *in preperation*.
- Willibald, F., van Strien, M. J., Blanco, V., and Grêt-Regamey, A. (2019). Predicting outdoor recreation demand on a national scale – The case of Switzerland. *Appl. Geogr.* 113. doi:10.1016/j.apgeog.2019.102111.